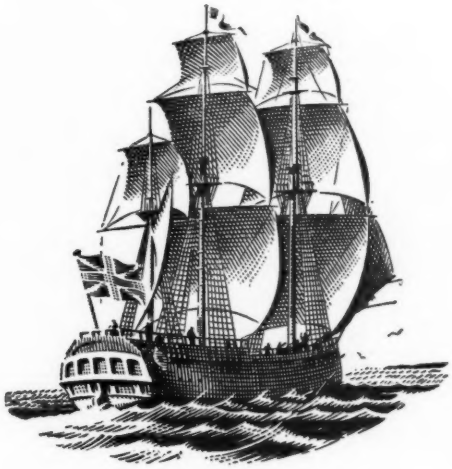
ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad



VOLUMEN V · 1946

Endeavour

VOLUMEN V : 1946

LISTA DE ARTICULOS por orden alfabético de autores

Autor	*Artículo*	*Página*
BULMAN, O.M.B.	La Historia geológica de la Gran Bretaña	43
	O. M. B. BULMAN, Profesor de Paleozoología de la Universidad de Cambridge. Autor de numerosos estudios geológicos y Subdirector del *Geological Magazine*.	
CALDIN, E. F.	La función de la Ciencia en la Sociedad: los fundamentos	70
	Los valores científicos	160
	E. F. CALDIN, Profesor de Física química en la Universidad de Leeds. Especialista en los problemas de la relación entre la Filosofía y la Ciencia.	
CAMPBELL, N.	La fluorescencia de los compuestos orgánicos	155
	N. CAMPBELL, Profesor de Química orgánica en la Universidad de Edimburgo. Autor de estudios de investigación sobre el naftaleno, carbazol y la benzantrona.	
DINGLE, H.	Tycho Brahe, 1546–1601	137
	H. DINGLE, Catedrático de Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Londres, y Vicepresidente de la *Royal Astronomical Society*. Autor de trabajos sobre Espectroscopía, Relatividad, y el aspecto filosófico de la Ciencia.	
EDITORIAL	El futuro del hombre	1
	La función social de la Ciencia	41
	La educación científica	81
	Objeto y método de la Ciencia	125
ELLINGHAM, H. J. T.	El Colegio Imperial de Ciencia y Tecnología	90
	H. J. T. ELLINGHAM, Secretario del *Royal Institute of Chemistry*; especialista en diversos aspectos de Termodinámica química; interesado en los problemas de administración y estrechamente relacionado con el Colegio Imperial de Londres.	
GRAY, J.	Las migraciones de los vertebrados	83
	J. GRAY, Catedrático de Zoología de la Universidad de Cambridge, especialista en los problemas de Citología.	
HUNKIN, J. W.	William Curtis, fundador de *The Botanical Magazine*	13
	J. W. HUNKIN, Obispo de Truro. Ilustre matemático y teólogo, experimentado investigador botánico.	
HUXLEY, J. S.	Las especies y la evolución	3
	J. S. HUXLEY, Secretario ejecutivo del Comite preparatorio de la Organizacion educativa, científica y cultural de las Naciones Unidas. Ex-secretario de la Sociedad Zoológica de Londres. Autor de importantes trabajos sobre las ciencias biológicas.	
JOHNSON, SIR NELSON	Desarrollos recientes en Meteorología	127
	SIR NELSON JOHNSON, Director del Departamento de Meteorología del Ministerio del Aire, Londres.	
KENDALL, J.	*The Royal Society* de Edimburgo	54
	J. KENDALL, Catedrático de Química en la Universidad de Edimburgo. Secretario general de la *Royal Society* de la misma.	

LISTA DE ARTICULOS *(continuación)*

Autor	*Artículo*	*Página*
LOVELL, A. C. B.	Los rayos cósmicos, y su origen	74

A. C. B. LOVELL, Profesor auxiliar de Física en la Universidad de Manchester. Autor de trabajos de gran importancia para el desarrollo del Radar durante la guerra, continúa ahora sus anteriores estudios sobre los rayos cósmicos.

MARRIAN, G. F.	El metabolismo de la hormona estrogénica	35

G. F. MARRIAN, Catedrático de Química médica en la Universidad de Edimburgo. Conocido especialista en los problemas químicos de las hormonas del sexo.

MATTHEWS, L. H.	La pesca de la ballena	116

L. H. MATTHEWS, investigador becado en la Universidad de Bristol. Colaboró en la expedición del *Discovery* durante cuatro años, y ha viajado extensamente estudiando la morfología y fisiología de los mamíferos.

MATTICK, A. T. R.	Algunas consideraciones sobre bacteriología láctea	24

A. T. R. MATTICK, Director del Departamento de Bacteriología del Instituto Nacional de Investigaciones lácteas. Especialista en los problemas referentes a la inspección bacteriológica de los productos lácteos, y en la aplicación de métodos estadísticos a los problemas biológicos.

MOTT, N. F.	Situación actual de la Física teórica	107

N. F. MOTT, ocupa la Cátedra « Melville Wills» de Física teórica en la Universidad de Bristol. Especializado en los estudios de Física atómica, metalurgia, y emulsiones fotográficas.

PATERSON, SIR CLIFFORD	Alumbrado eléctrico por luminiscencia	18

SIR CLIFFORD PATERSON, Director de los laboratorios de investigación de la *General Electric Company* en Wembley. Especialista en los estudios relacionados con problemas de alumbrado.

ROSE, F. L.	Paludrina—un nuevo específico anti-palúdico	65

F. L. ROSE, especializado en investigaciones especulativas de quimioterapia en los laboratorios de *Imperial Chemical Industries*.

SMITH, G.	Los mohos y la guerra en los trópicos	110

G. SMITH, Ayudante de investigaciones bioquímicas en la Escuela de Higiene y Medicina tropical de Londres. Presidente durante el año 1945 de la *British Mycological Society*. Especialista en los problemas relacionados con las materias textiles, taxonomía de los mohos, y los antibióticos.

STEPHENSON, T. A.	Arrecifes de coral	96

T. A. STEPHENSON, Catedrático de Zoología en la Universidad de Aberystwyth. Jefe de la sección de arrecifes en la expedición a la Gran Barrera de 1928–29. Especializado en estudios de la ecología de las costas, anémonas de mar, y corales.

WALLACE, T.	Insuficiencias minerales de las plantas	58

T. WALLACE, Director de la Estación de investigación « Long Ashton». Catedrático de Química horticultural en la Universidad de Bristol. Especializado en los problemas de nutrición de los árboles frutales, composición del suelo, y fisiología de las frutas.

WALLIS, F. S.	El museo, instrumento de la Ciencia	149

F. S. WALLIS, Director del Museo municipal de Bristol. Director honorario del *Museums Journal*.

WALSH, J. W. T.	La medida de la luz coloreada	142

J. W. T. WALSH, Miembro de la sección de Fotometría del Laboratorio Nacional de Física de Teddington. Especialista en los problemas de iluminación. Expresidente de la Sociedad de Ingeniería del Alumbrado.

WARDLAW, C. W.	Un ciclo en la anatomía de los helechos	29

C. W. WARDLAW, Catedrático de Botánica criptogama en la Universidad de Manchester. Especializado en estudios botánicos de las frutas tropicales, su transporte y almacenaje.

LISTA DE MATERIAS

Página

ALUMBRADO eléctrico por luminiscencia, C. C. PATERSON 18
BACTERIOLOGIA láctea, Algunas consideraciones sobre, A. T. R. MATTICK 24
BALLENA, La pesca de, L. H. MATTHEWS 116
COLEGIO Imperial de Ciencia y Tecnología, El, H. J. T. ELLINGHAM 90
CORAL, Arrecifes de, T. A. STEPHENSON 96
CURTIS, William, Fundador de *The Botanical Magazine*, J. W. HUNKIN 13
EDUCACION científica, La, EDITORIAL 81
ESPECIES y la evolución, La, J. S. HUXLEY 3
FISICA teórica, Situación actual de la, H. F. MOTT 107
FLUORESCENCIA de los compuestos orgánicos, La, N. CAMPBELL 155
FUNCION de la Ciencia en la Sociedad: los fundamentos, La, E. F. CALDIN 70
FUNCION social de la Ciencia, La, EDITORIAL 41
FUTURO del Hombre, El, EDITORIAL 1
HELECHOS, Un ciclo en la anatomía de los, C. W. WARDLAW 29
HISTORIA geológica de la Gran Bretaña, La, O. M. B. BULMAN 43
HORMONA estrogénica, El metabolismo de la, G. F. MARRIAN 35
INSUFICIENCIAS minerales de las plantas, T. WALLACE 58
JEANS, Sir James Hopwood 154
LUZ coloreada, La medida de la, J. W. T. WALSH 142
METEOROLOGIA, Desarrollos recientes en, SIR NELSON JOHNSON 127
MOHOS y la guerra en los trópicos, Los, G. SMITH 110
MUSEO, instrumento de la Ciencia, El, F. S. WALLIS 149
OBJETO y método de la Ciencia, EDITORIAL 125
PALUDRINA—Un nuevo específico anti-palúdico, F. L. ROSE 65

REVISTAS de libros:

Página

Animal Cytology and Evolution, M. J. D. WHITE 123
Aqueous Solution and the Phase Diagram, F. F. PURDON y V. W. SLATER 164
Butterflies, E. B. FORD 123
Chemical Crystallography, C. W. BUNN 123
Chemicals, Humus, and the Soil, D. P. HOPKINS 80
Chemistry of Cellulose, An Introduction to, J. T. MARSH y F. C. WOOD .. 124
Chromatography, An Introduction to, T. I. WILLIAMS 163
Colloids. Their Properties and Applications, A. G. WARD 80
Colorimetric analysis, N. L. ALLPORT 40
General and Inorganic Chemistry for University Students, J. R. PARTINGTON 164
Gyroscope and its applications, The, MARTIN DAVIDSON 124
Industrial Mycology, An Introduction to, G. SMITH 123
London's Natural History, R. S. R. FITTER 124
Metallic Corrosion, Passivity and Protection, U. R. EVANS 163
Micro-analysis in Medical Biochemistry, E. J. KING 164
Optics, Practical, B. K. JOHNSON .. 39
Organic Reagents for Organic Analysis, Research Laboratory Staff, HOPKIN y WILLIAMS LTD. 40
Radio Receiver Design, Part II, K. R. STURLEY 123
Sea Water, Recent Advances in the Chemistry and Biology of, H. W. HARVEY 124
Structural Inorganic Chemistry, A. F. WELLS 40
Textile Bleaching, An Introduction to, J. T. MARSH 164
Trees in Britain, L. J. F. BRIMBLE .. 163
Wave Mechanics, Elementary, W. HEITLER 80
Wave-form Analysis, R. G. MANBY .. 40
X-ray Metallography, An Introduction to, A. TAYLOR 80

RAYOS cósmicos, y su origen, Los, A. C. B. LOVELL 74
ROYAL SOCIETY» de Edimburgo, « THE, J. KENDALL 54
TYCHO BRAHE, 1546–1601, H. DINGLE 137
VALORES científicos, Los, E. F. CALDIN 160
VERTEBRADOS, Las migraciones de los, J. GRAY 83

Impreso en la Gran Bretaña en THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, para los editores*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres*, S.W.*1*

ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN V ENERO 1946 NUMERO 17

El futuro del hombre

La voluntaria liberación de la energía atómica viene a ser el punto culminante de dos siglos de evolución científica, y, con toda probabilidad, el acontecimiento más importante en la historia de la humanidad. Muchos piensan, y no entre los peor informados, que la única esperanza de la raza humana consiste en la total paralización de la investigación científica. Imaginan, ayudados por los tremendos horrores de los últimos años, de manera vívida la catástrofe universal que ha de producirse a consecuencia del uso de la nueva fuente de energía para fines bélicos. Y sería ocioso negar la posibilidad de catástrofe tal, aunque el remedio que se preconiza no es ni posible ni deseado. Es inherente a su propia naturaleza que el hombre busque nuevos dominios que explorar, tanto en el mundo del pensamiento como en el de la acción, sin que ley alguna pueda sujetar su impulso. Y por otra parte es preciso reconocer que el conocimiento científico presenta tanta potencialidad de bien como de mal, y que la paralización de la Ciencia significaría la destrucción de las mejores esperanzas de progreso con que cuenta la humanidad. Lo que en realidad sucede en nuestra época es que la Ciencia nos presenta un número de problemas mucho mayor que el de los que pueden resolverse; pero el asumir que tal disparidad no podrá nunca ser ajustada nos parece más bien el producto de la desesperación.

Al considerar los problemas que presenta el mundo actual es muy fácil olvidarse del hecho de que el hombre es un producto de la evolución orgánica, y que dicha evolución es un proceso dinámico que aún se encuentra en operación. Todo intento de adivinar lo que nos espera más allá de un porvenir próximo debe tener en cuenta la posibilidad de cambios evolutivos; y sólo desde un punto de vista tal podremos formar un sano juicio de las dificultades presentes. En este número publicamos un artículo del Dr. Julian Huxley sobre el tema de la evolución; una de las conclusiones más interesantes que en él se establecen se refiere a la humanidad misma. Morfológicamente el hombre ha cambiado muy poco desde la fecha de los restos humanos más primitivos que se conocen; no ha consumido, por lo tanto, su capital evolutivo en ramificaciones productoras de nuevas formas de alta especialización.

El hombre se diferencia del resto de los organismos por poseer poderes de raciocinio que le confieren un control considerable sobre su medio ambiente. De donde resulta que los cambios puramente morfológicos no tendrían gran efecto sobre su historia: no necesita alas para volar, ni saber nadar para cruzar el océano. Y, por el contrario, al depender, como depende, más y más de sus dotes intelectuales, cualquier cambio evolutivo en tal dirección habría de ser de fundamental importancia.

Es muy difícil establecer cuáles sean las probabilidades de tales cambios. De lo que se deduce de antiguos escritos y de las investigaciones de las tempranas civilizaciones, la conclusión inescapable es que durante los cinco o seis mil años últimos la mente humana no ha mejorado de manera apreciable. Los sabios del antiguo Egipto, de Asiria y Babilonia, los filósofos de la época clásica, los intelectuales de India, China y el Islam parecen haber sido capaces de una actividad pensante tan intensa y fructífera como la de sus congéneres contemporáneos. Es verdad que sus pensamientos tomaron una dirección distinta de la que hoy seguimos; pero no hay razón alguna para suponer que si hubieran poseído ellos nuestra tradición y riqueza de conocimientos no habrían podido realizar los descubrimientos que son la gloria, y el peligro, del siglo XX. El poder de raciocinio se hallaba presente, en verdad, pero el pábulo necesario para su alimento no había sido acumulado todavía. El hecho de que el hombre medio de 1946 posea un conocimiento general mucho más extenso que sus antepasados de hace un siglo

tan sólo, se debe con toda seguridad a los mejores métodos de diseminación del conocimiento y no a un aumento en el poder de asimilación. Ni puede tampoco discutirse el que una de las principales razones de nuestras dificultades presentes es la amplia extensión del conocimiento a gentes cuya mente no está lo suficientemente preparada para hacer uso inteligente de dicho conocimiento.

Parece, por lo tanto, probable que el hombre continuará realizando descubrimientos—y usando y abusando de ellos — con el mismo nivel de inteligencia que posee hoy, aunque no se pueda desechar por completo la posibilidad de un cambio repentino en su capacidad mental. Existe además otro factor posible digno de consideración. Hasta hoy no hay signos de que las limitaciones del cerebro humano puedan dificultar el progreso de la Ciencia; pero podemos legítimamente suponer que más tarde o más temprano se ha de alcanzar un punto en el que la mente humana sea incapaz de progresar más. La permanencia de las guerras parece indicar que, en cierto sentido, hemos llegado ya a tal situación, por lo menos en lo que se refiere a la Etica y a la Moral.

Todas estas reflexiones nos conducen a la interesante especulación de si será posible, en el futuro, mejorar artificialmente el cerebro humano. Ciertos sucesos ocurridos durante los últimos años, en todas las ramas de la Ciencia, demuestran que no podemos calificar de loca fantasía una tal posibilidad; los sueños de los científicos de ayer parecen tener la costumbre de convertirse en las realidades de hoy. Y ya se conocen substancias, como la anfetamina, probadas con algunos simples «tests» de inteligencia, que parecen incrementar temporalmente la facultad razonadora; y el estímulo intelectual producido por la cocaína es desde hace mucho tiempo uno de los tópicos comunes de las novelas sensacionales. Pero todas las drogas de tal especie descubiertas hasta hoy día, presentan serias desventajas que impiden su uso general, aún si sus efectos sobre la mente fuesen de verdadero valor; pero ya no es tan seguro que las futuras generaciones de bioquímicos no sean capaces de sintetizar substancias que tengan marcados efectos beneficiosos.

Naturalmente que la estimulación artificial es sólo uno de los posibles medios de mejora del cerebro humano para hacer frente a las funciones que se le han de exigir. Los recientes avances en la Biología experimental parecen indicar que el control de los cromosomas ha de ser un instrumento poderosísimo para dar forma a los organismos vivos, y quizás un día pueda ser aplicado al hombre mismo. De todos modos, cuando quiera y como quiera que ello suceda, tenemos buenos motivos para creer que el hombre será capaz de mejorar su propia naturaleza, ya que tal proeza no ha de ser más milagrosa que mucho de lo que ha conseguido ya.

Sin embargo, nos queda la duda de si la Ciencia no ha progresado demasiado en relación con el desarrollo del carácter moral, haciendo de los años venideros el período más crítico y peligroso en la historia del mundo. No es sorprendente que exista una gran diversidad de opiniones sobre este punto. La espantosa desvastación que han causado las dos bombas atómicas arrojadas en el Japón ha servido para hacer nacer en algunos la esperanza de que en lo futuro las naciones se abstendrán de entrar en guerra, aunque tan sólo sea por el hecho de que tanto el vencedor como el vencido quedarán confundidos en una ruina común. Otros, más fatalistas, sienten cierto pesimismo acerca del sentido común de la humanidad, y preveen el suicidio de la civilización, y en verdad del hombre mismo, por medio del instrumento que representa el supremo esfuerzo de su facultad lógica. Sólo el tiempo puede decir quien tiene razón, si alguien la tiene; pero es demasiado sombrío suponer que aún en el caso de una guerra atómica, los sobrevivientes habían de ser tan escasos que la raza humana sería incapaz de resucitar la civilización. Otras muchas del pasado fueron destruídas o cayeron en descomposición, lo que no impidió, a pesar de su carácter de calamidades, el desarrollo más o menos constante de la humanidad, como conjunto. Y es bien recordar que hoy ya no se considera a la evolución como un proceso contínuo sino más bien como el producto de diferentes tendencias que progresan por caminos distintos, convergentes a veces, otras divergentes. Nuestro mundo quizás se halle hoy ante una de las encrucijadas.

Redactor: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, London, S.W.1.

Las especies y la evolución

JULIAN S. HUXLEY

No ha transcurrido un siglo todavía desde que Charles Darwin enunció las pruebas de la evolución orgánica en su libro: *Origin of Species*. La veracidad básica de dicha teoría está ya establecida, y el problema de los biólogos del día es la elucidación de su funcionamiento. El Dr. Huxley nos presenta las opiniones dominantes hoy en dicho campo, ofreciéndonos la interesante conclusión de que los cambios evolutivos más importantes, con excepción de los que al Hombre se refieren, ya han ejercido su pleno efecto.

EL PROBLEMA Y SU EXTENSION

Al escribir Darwin su gran libro le dió el nombre de *Origen de las Especies* porque en aquel momento era dicho origen el punto crítico de la teoría de la evolución: o bien cada especie tenía un carácter fijo y permanente, dado en el momento de la Creación « a cada una según su género », en cuyo caso toda evolución era imposible; o bien las especies podían cambiarse en tipos totalmente diferentes, en cuyo caso había que aceptar la evolución.

Pero hoy la posición ha cambiado por completo. Hoy sabemos que las especies cambian, y la evolución es un hecho aceptado por casi todo el mundo. Los biólogos se preocupan hoy por establecer la mayor cantidad posible de datos acerca de los diferentes modos de evolución, de los diferentes géneros de especies, y de las diferentes maneras en que pueden éstas originarse.

Una de las cosas que aparece hoy clara es la distinción entre las tendencias evolutivas a largo plazo, de las que resulta generalmente una mejora del tipo genérico, y las tendencias de plazo corto. La casta caballar, pongamos por caso, ha mostrado durante un largo período de decenas de millones de años una mejora constante en la eficacia de los cascos y de la aptitud triturante de los dientes: se trata aquí de una tendencia a largo plazo. Pero el caballo, las cebras y los asnos de hoy no son sino ligeras variantes distintas de un tipo equino perfecto general (figura 1) diversificado en cada época para producir especies diferentes, y todas ellas a un mismo nivel, aproximadamente, de la tendencia general.

¿Qué es una especie? En un cierto sentido se trata solamente de un grupo de animales o plantas que presentan cierta similaridad y a los que se ha acordado distinguir por medio de un nombre latino. Al popular jilguero se le asigna el nombre específico de *Carduelis flammea*, en el que *Carduelis* representa el nombre del género y *flammea* el de la especie. Pero esta atribución de nombres específicos no es meramente arbitraria. Las especies son también grupos naturales que pueden ser definidos por una combinación de los criterios siguientes. En primer lugar, los miembros de dicho grupo habitan en un área geográfica que justifica la idea de un origen común del grupo entero. Segundo, se aparean o pueden aparearse entre sí. Tercero, poseen ciertos caracteres distintivos comunes. Cuarto, no se aparean con otros grupos específicos, y si lo hacen así su fertilidad queda reducida.

Para todos estos criterios hay excepciones; son de valor diferente para distintas formas; y existen casos limítrofes en los que la evolución ha llevado a cierto grupo hasta una *quasi*-diferenciación específica.[1]

Observemos primeramente la diversificación dentro de las especies. Ya me referí antes al jilguero, que se da tanto en la Gran Bretaña como en grandes zonas de Europa central. En Europa septentrional, así como en Siberia y en Canadá, las castas del jilguero, aunque muy semejantes, son claramente más pálidas y de mayor tamaño. En Groenlandia son aún mayores, pero sin la palidez de éstas. Estos tres grupos geográficos presentan demasiada semejanza para que se les pueda llamar especies, y de aquí el nombre de *subespecies* y el que se les añada un tercer término en la nomenclatura latina (figura 3). Otro grupo de aves más nórdicas, con características distintas — calza y buche blancos — es asignado a una especie diferente, *C. hornemanni*.

SUBESPECIES GEOGRAFICAS

Ciertas formas distintivas que se dan en las islas no pueden aparearse libremente con sus vecinos; pero cuando la semejanza con éstos es

[1] El problema de las especies se halla todavía en estado flúido. En un ensayo de la brevedad del presente es imposible hacer justicia a la complejidad de su naturaleza.

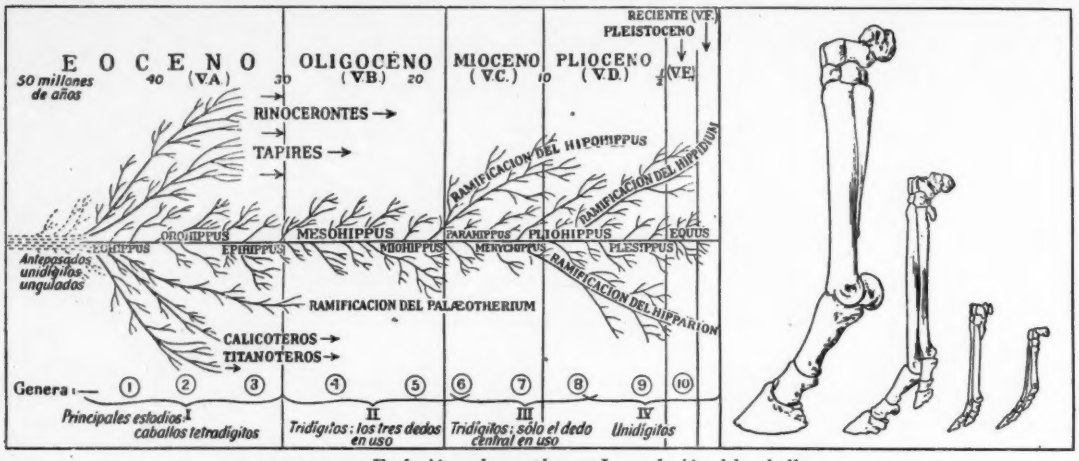


FIGURA 1 – *Evolución a largo plazo. La evolución del caballo.*

(*a*) *A la izquierda. La raza equina tardó unos cincuenta millones de años en evolucionar desde los primitivos ungulados. (La escala del tiempo referente al Pleistoceno y a períodos más recientes está aumentada respecto al resto del diagramma). Se produjeron numerosas ramificaciones que llegaron a extinguirse, pero la línea principal permaneció contínua.*

(*b*) *A la derecha. Estadios de la evolución: una serie de pezuñas izquierdas delanteras. A la derecha,* Eohippus, *con tres de sus cuatro dedos visibles* (5°, 4°, *y* 3°). *A su lado, el* Mesohippus, *con tres dedos más largos, todos ellos utilizables. El* 5° *dígito está reducido a una esquirla ósea. A su lado, el* Merychippus, *con pezuñas; pero los dedos* 4° *y* 2° *son pequeños y levantados del suelo; el dedo* 3° (*central*) *está aumentado. A la izquierda, un caballo actual* (Equus). *Los dedos* 2° *y* 4° *están reducidos a esquirlas y han perdido sus cascos. El dedo central está muy aumentado y tiene un gran casco.*

(*De* The Science of Life, *Edición en 3 volúmenes. Con permiso de H. G. Wells, J. S. Huxley y G. P. Wells.*)

tanta que se les puede suponer capaces de apareo fértil se les denomina también subespecies. En la Gran Bretaña, los abadejos de Santa Kilda son más grandes y tienen un pico mayor que los de tierra firme.

Diversos factores influyen en la diversificación que la Geografía produce sobre las especies. Existe, por una parte, cierta adaptación a las condiciones locales; por otra, el efecto del aislamiento, el cual permite una divergencia mucho más rápida entre los grupos, influyendo también el tamaño mismo del grupo: en ciertas agrupaciones reducidas pueden quedar establecidos ciertos cambios « accidentales » y no adaptivos.

Sumner nos ofrece un buen ejemplo de esto en el caso del roedor norteamericano *Peromyscus polionotus* de Florida (figura 4). Una subespecie distinta, casi blanca, habita en un aislado banco de arena blanca; la zona costera, con unos 56 km. de ancho, presenta un suelo arenoso de color claro y está habitada por una subespecie ligeramente pálida; el área interior, con un terreno pesado y obscuro, produce una subespecie también obscura, cuyo color se adapta perfectamente al del suelo. La subespecie blanca es, por lo tanto, una adaptación protectiva a la blancura de la arena, habiéndose originado por medio del aislamiento en la reproducción, ya que la subespecie que habita en las playas, sobre una arena también blanca, presenta simplemente una variedad más pálida del color que se encuentra en el interior.

En la zona de contacto de las subespecies pálida y obscura hay como un corredor de unos cuantos kilómetros de ancho en el que el color medio cambia muy rápidamente de pálido a obscuro. Pero además de este cambio medio, se nota también un gran aumento en la variabilidad. Lo cual puede únicamente significar que en este corredor se aparean ejemplares de ambos tipos, con la consiguiente recombinación de caracteres. Se trata, por lo tanto, de una adaptación general de ambas subespecies al color del suelo, existiendo además, al parecer, una « adaptación interna » en ambas por medio del desarrollo de un complejo propio y característico de sus genes, o unidades de herencia, que producen vigor, fertilidad y otras características. Cuando se cruzan dos de estos complejos genéticos, la mayoría de las posibles recombinaciones no están tan bien ajustadas a las condiciones, por lo cual su multiplicación no es favorecida por la ley de selección natural y la zona híbrida permanece siempre estrecha.

Existen además dos complicaciones. La subespecie costera parece haberse extendido recientemente

hasta el límite mismo de la región de suelo obscuro, donde hay un estrecho pasillo de arena blanca a lo largo del costado que da al mar. De donde resultará que la selección natural, en lo que respecta al color, hará la subespecie costera más pálida en un extremo y más obscura en el otro, con un gradiente de caracteres, al que se le ha dado el nombre de « cline ».

Gran número de aves y de mamíferos presentan idénticas características: subespecies estables que permanecen constantes sobre extensas regiones, separadas por estrechas zonas que presentan rápidos cambios de carácter.

Existen otros casos en los que los habitantes de un área contínua difieren en ciertas partes de la misma lo suficientemente para que se les pueda dar el nombre de subespecies, pero sin hallarse los cambios rápidos, las estrechas zonas de gradiente antes descritas.

ECOTIPOS

Los botánicos prefieren usar para las plantas el término *ecotipo* para designar las unidades menores de las que se componen las especies. Su significado primario es el de grupo o forma adaptado a un conjunto especial de condiciones ambientales.

A veces los ecotipos son simplemente subespecies. Así, un equipo de botánicos californianos, bajo la dirección de Clausen, se ha ocupado en el cultivo de ecotipos de diversas especies vegetales en estaciones experimentales situadas a diversa altura. Tomando como ejemplo el cincoenrama, *P. glandulosa*, hallamos que presenta dos ecotipos perfectamente distinguibles, uno en las sierras costeras y otro en las estribaciones bajas de la Sierra Nevada. Pero hallamos que al ascender por la Sierra, las cosas cambian un tanto; pasada una cierta altitud el ecotipo de las estribaciones alterna con un ecotipo de pradera, aunque aún en la zona de traslapo ambas formas permanecen separadas por sus distintos requerimientos ecológicos: el tipo de las estribaciones está prácticamente reducido a ocupar las faldas secas de las colinas, mientras que el de pradera crece en los prados húmedos.

En Escocia ha descrito Gregor una situación semejante con relación al plantén común, *Plantago maritima*. Aparece en múltiples áreas una gradación contínua de condiciones, desde los lodos encharcados con agua salada hasta condiciones mucho menos marinas. Los plantenes también muestran entonces una gradación correspondiente en sus características varias, tales como la altura media que varía desde 20 cm. hasta 50 cm. Todo parece probar que el medio ambiente sirve como de tamiz: se produce una gran variedad de ecotipos, pero éstos quedan tamizados por sus propios requerimientos, de modo que una rápida gradación del medio ambiente queda reflejada en la gradación de los caracteres de la planta: en este sentido el ecotipo es completamente distinto de la subespecie.

Volviendo al cincoenrama, se halló que había, a mayores alturas aún, un ecotipo subalpino y otro alpino; aquel más alto y de más tardío florecer, éste decididamente raquítico y de florecimiento temprano. Pero en este caso ambos ecotipos se mezclaban gradualmente sobre una zona de considerable anchura.

EL AISLAMIENTO GEOGRAFICO

La divergencia entre los grupos puede acentuarse, y así sucede a menudo, como consecuencia del aislamiento. Y esto se refiere tanto a la formación de subespecies como a la de especies propiamente dichas. Es más, los grupos reducidos están sometidos a lo que pudiéramos llamar « accidentes evolutivos », según ha probado el Profesor Sewall Wright. En ellos pueden ciertos genes antiguos perecer completamente, estableciéndose mutaciones o combinaciones genéticas inútiles y hasta perniciosas, y todo ello debido a una pura casualidad.

Nos da claro ejemplo de ello una especie de lagartos del Adriático, que viven aislados en grupos en ciertas islas, debido a hundimientos geológicos. Como era de esperar, el grado de diferencia de las poblaciones isleñas respecto de la del continente aumenta, en términos generales, en razón directa al tiempo que han permanecido aisladas (medido por la profundidad del agua entre la isla y tierra firme). Pero aumenta también en razón inversa con el tamaño de la isla, y por lo tanto del número de su población.

Aparte del tamaño de la población, el aislamiento ayuda la diversificación. Un diminuto roedor malayo nos ofrece un excelente ejemplo: existe en una subespecie única de tipo uniforme en toda la extensión de Sumatra y Borneo, pero en las islas del archipiélago de Rhio Linga, de un área 150 veces menor, se han derivado siete subespecies distintas.

El aislamiento puede producir no sólo subespecies sino también especies propiamente dichas. Así sucede en la Gran Bretaña con el guaco rojo que se deriva claramente del guaco mimbreño del continente, del cual se diferencia no sólo en detalles menores como el color obscuro de los

plumones aleros, sino también en que no cambia el color a blanco durante el invierno. Se le considera por lo tanto como una especie distinta, con el nombre de *Lagopus scoticus*, teniendo el interés particular de ser la única ave británica que ha conseguido más de una diferencia subespecífica. Lo cual parece ser debido a la falta de tiempo, ya que en viejos archipiélagos el proceso puede desarrollarse mucho más. Mayr prueba esto por medio de los pichones ladradores (*Ducula*) del Pacífico (figura 2).

Una vez que el aislamiento ha permitido el desarrollo de distintas formas que no se aparean, dichas especies pueden extenderse y ponerse en contacto en su distribución geográfica, en vez de reemplazarse mutuamente en diferentes áreas, como sucede con las subespecies. Ambas formas difieren por lo general bastante en su adaptación y *modus vivendi*. Así, por ejemplo, en la Gran Bretaña existe al lado del cerrojillo otro pájaro llamado « chifchaf » con el que está estrechamente emparentado, pero ambos están adaptados a diferentes ambientes, siendo aquel sin embargo una diversificación de un tipo original de cerrojillo, aunque no se sabe cuándo se llegó a producir la separación.

LA DIVERSIFICACION EN GRAN ESCALA

Cuando el aislamiento y la diversificación continúan durante largos períodos vemos evolucionar a veces nuevos géneros y familias. Un grupo único puede divergir en varias direcciones, a veces adaptivas, aunque también ocurren otras diferencias accidentales de mayor o menor cuantía. Tenemos un caso clásico en los pinzones del archipiélago de las Galápagos; y son un caso clásico porque obligaron a Darwin a creer en la Evolución.

El archipiélago de las Islas Galápagos contiene nueve islas mayores y gran número de islotes volcánicos; la costa occidental de la América de Sur es la tierra firme más cercana, a unos 1.000 km. de distancia. La variedad de pinzones (*Geospizidae*) que allí se da forma una familia especial, confinada al archipiélago (y a la Isla de los Cocos), sin aparecer en el continente. La familia entera debe derivarse de una pareja de pinzones de la variedad continental que debieron de ser arrastrados por el viento hasta las islas. Hoy día la evolución ha producido cinco géneros diferentes con casi 20 especies (figura 8).

Aún se ha producido más marcada diversificación entre la familia « picoenhoz » (*Drepanididae*) confinada en el archipiélago de las Islas Hawai y la Isla Laysan, habiéndose producido 18 géneros distintos (con unas 40 especies) entre los que se incluyen además de los devoradores de semillas y de insectos, otros que se alimentan de nectar y que poseen una lengua especial para su sorción, y hasta un tipo de picamaderos (*Heterorhynchus*) que presenta una mandíbula superior larga y adaptada para picotear la corteza y una mandíbula inferior corta para raspar las larvas en la madera. Según

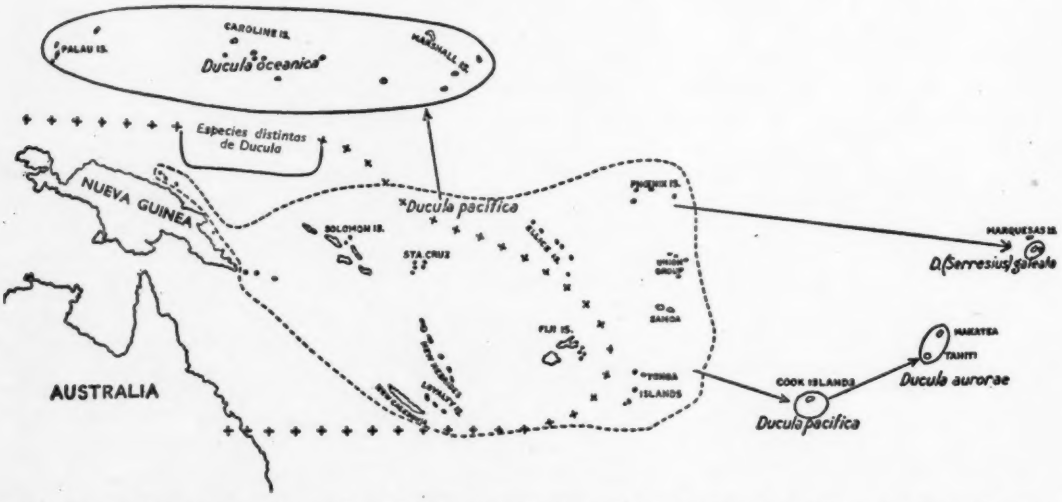


FIGURA 2 – *Aislamiento y Divergencia. El pichón ladrador de la Polinesia,* Ducula pacifica, *ha producido especies estrechamente relacionadas hacia el norte y en Tahiti. En el aislamiento de las Islas Marquesas ha producido una especie tan diferente en la forma del pico que fué clasificada anteriormente como un género diferente.*

(*De* Systematics and the Origin of Species, *por E. Mayr. Con permiso de la Columbia University Press.*)

FI

1–
fla

4–
Ra

(*Da*
Wi

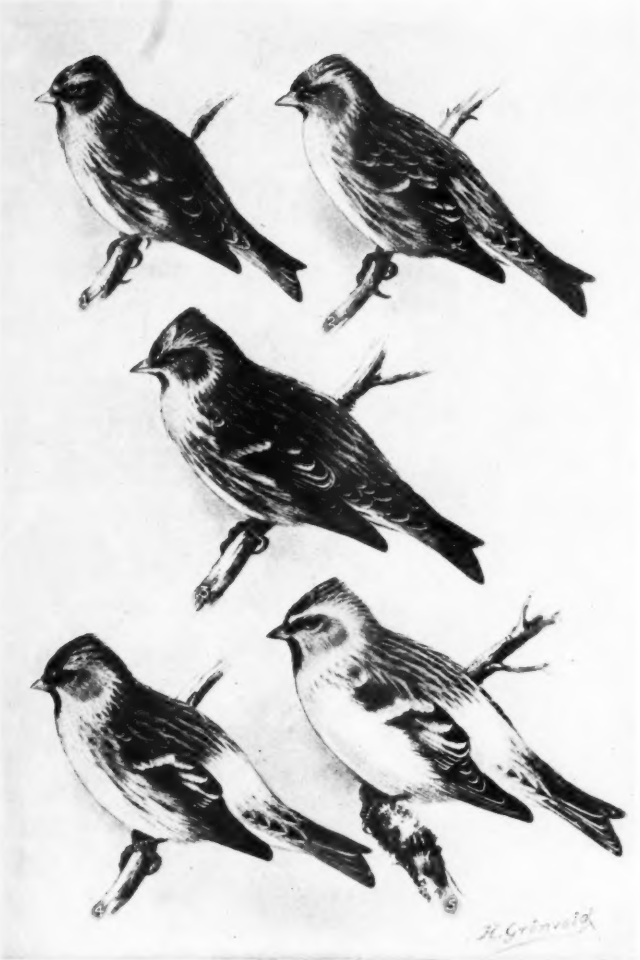
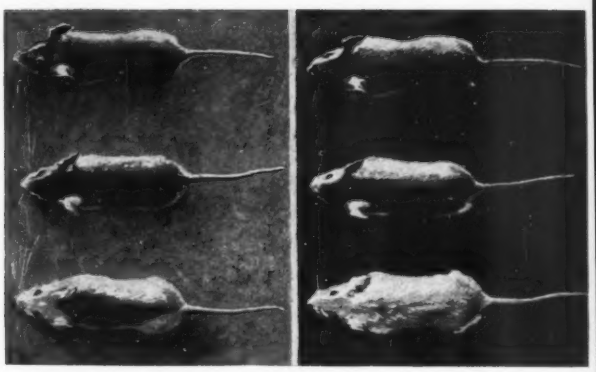


FIGURA 3 – *Especies y subespecies geográficas del jilguero (Véase el texto).*
1–3 Carduelis flammea. 1, Carduelis flammea cabaret; 2, C. f. flammea; 3, C. f. rostrata.
4–5 Carduelis hornemanni. *Subespecies de Groenlandia, Laponia y Rusia septentrional.*
(*De* Handbook of British Birds, *por H. F. Witherby,* et al. *Por cortesía de los Srs. H. F. & G. Witherby.*)



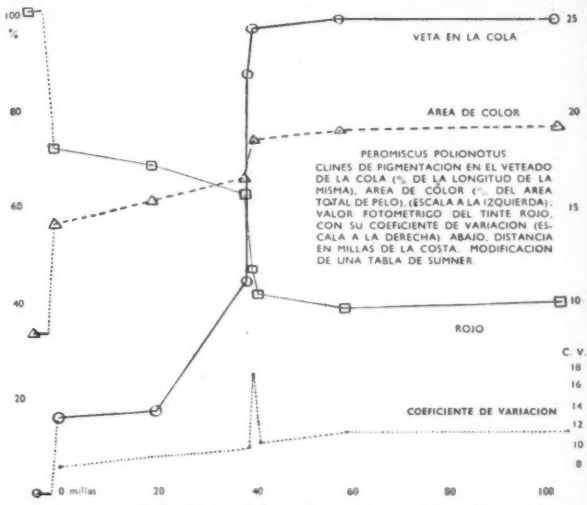


FIGURA 4 – *Subespecies del roedor norteamericano* Peromiscus Polionotus (*Véase el texto*).
(*a*) *arriba. Las subespecies del interior, costera e isleña. A la izquierda, sobre un fondo de arena blanca, sobre la cual vive la forma isleña; a la derecha, sobre un fondo de tierra negra del área habitada por la subespecie del interior.*
(*b*) *debajo. Los efectos de la selección y del aislamiento en la pigmentación. La subespecie del interior (a la izquierda) está aislada. La subespecie costera se obscurece hasta que alcanza la zona de mezcla y variabilidad incrementada (a 65 km. de la costa). La subespecie interior es casi uniforme.*
(*a*) *De* The Science of Life, *Edición en 3 volúmenes. Con permiso de H. G. Wells, J. S. Huxley y G. P. Wells.*
(*b*) *Según J. S. Huxley en* Bijdragen tot de Dierkunde (*Leiden*), 1939.

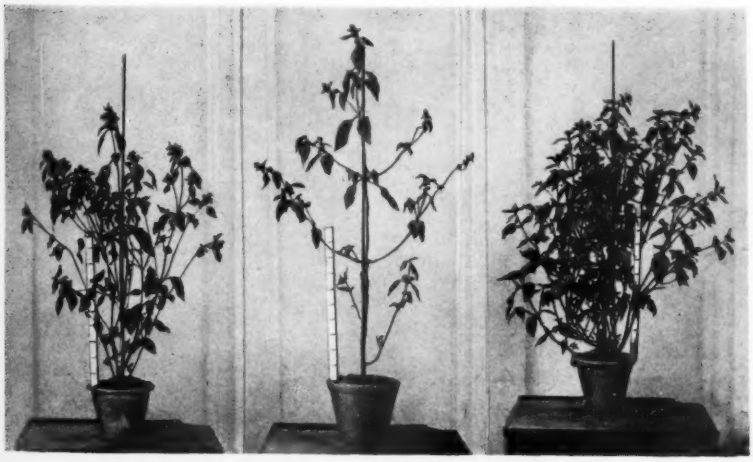


FIGURA 5 – *La Síntesis de las Especies.* (1) *y* (3) Galeopsis speciosa *y* G. pubescens, *dos labiadas silvestres, cada una con* ($n = 8$) *cromosomas. El producto híbrido de ambas era casi estéril, pero consiguió doblar el número de cromosomas y se hizo fértil, formando ahora una especie tetraploide fértil de muy difícil diferenciación respecto de cualquiera otra especie silvestre* (G. tetrahit).
(*De* Hereditas *por A. Müntzing.* (*Lund, Suecia*), *Vol.* 14. *Con permiso del autor y del editor.*)

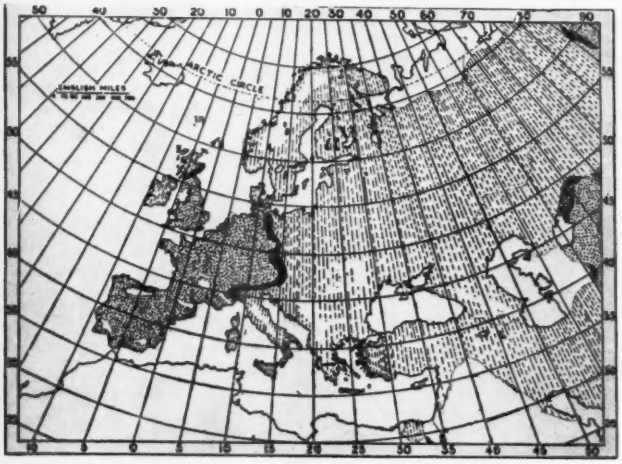


FIGURA 6 – *Especies limítrofes.*

(*a*) *arriba. Los cuervos de carroña y los de montera son muy distintos en su coloración.*

(*b*) *debajo. Pero allí donde han vuelto a encontrarse, tras la separación de la Edad del Hielo, se aparean produciendo formas híbridas fértiles. El área de los cuervos de carroña está indicada en puntos, el de los de capucha en líneas verticales, y las zonas de apareamiento con un sombreado (Véase el texto).*

(*a*) *De* British Birds *por Yarrell.* (*b*) *De* Handbook of British Birds, *por H. F. Witherby,* et al. *Por cortesía de H. F. y G. Witherby.*

FIGURA 7 – *Una especie alotetraploide que puede tener más éxito que sus antepasados. La* Spartina townsendii (*véase el texto*) *que ha podido colonizar áreas en las que su progenitora, la* S. stricta *no pudo arraigar.*

(*a*) *Arriba. Los primeros momentos de la colonización de los bancos de lodo del puerto de Poole.* (*Foto de R. V. Sherring.*)

(*b*) *debajo. La misma vista (aprox.) quince años más tarde.* (*Foto de F. W. Oliver.*)

(*De* The British Islands and their Vegetation. *Con permiso del autor, A. G. Tansley.*)

algunas autoridades esta familia muestra una diversificación, en diferentes direcciones de adaptación, mayor que cualquier otra familia de aves.

Existe otro factor, además del aislamiento, que influye sobre la evolución en los archipiélagos oceánicos: debido a que la fauna allí está muy restringida, reduciéndose sólo a los descendientes de unos cuantos animales extraviados, y la competencia es mínima. Esta baja presión biológica hace que la aparición de nuevas especializaciones de adaptación sea fácil.

La escasez de enemigos puede actuar de una manera muy semejante a la de la falta de competencia. El mejor ejemplo de esto lo hallamos en el diminuto pez Cichlido que se da en los lagos del este de Africa. Todos esos lagos se hallan aislados, y en cada uno de ellos se da una especie característica del lago, o *especies endémicas*, según la terminología de los biólogos. Los grandes peces rapaces *Lates* e *Hydrocyon* han invadido ciertos lagos, pero no todos; en aquellos en que su inexistencia crea una baja presión de enemigos existen muchísimas más especies endémicas adaptadas a diversos medios de vida.

EL AISLAMIENTO ECOLOGICO

Como existen tipos tan numerosos y diversos en un medio contínuo y tan extenso como es el acuático, tenemos que deducir que el aislamiento geográfico no es la única causa que produce la creación de especies plenamente diferenciadas, y que también puede influir el aislamiento producido por el hábito o la locación. Así, entre algunos insectos que se alimentan únicamente de un reducido número de plantas hallamos las llamadas « razas biológicas » con diferentes preferencias alimenticias. Por ejemplo, la mariposa blanca presenta una raza adaptada a los manzanos, y otra a los espinos. La forma que se alimenta en los manzanos, lo hace durante el período de larvación, de las hojas; la otra no. Si se les da a elegir ambas clases de alimento, las larvas de las dos razas muestran preferencia por el suyo propio en el 80 o 90% de los casos; preferencia también patente en las hembras al elegir el lugar para la ovación. Cuando se fuerza a una oruga a alimentarse con el alimento de la otra raza, el resultado es por lo general mariposas raquíticas y estériles. Finalmente, la preferencia para el apareamiento entre machos y hembras de una misma raza es el doble al inter-apareamiento. Y así, aunque ambas razas pueden coexistir en la misma área, se encuentran a la mitad del camino para su separación como especies distintas. En otras formas, dicha divergencia ha producido especies plenamente diferenciadas.

Ya sabemos que muchas de las plagas de las plantas de cultivo han nacido de un cambio en la preferencia alimenticia. Así sucede con un pulgón, el *Plesicoris rugicollis*, que está originalmente confinado a los sauces, pero que desde 1918 comenzó a interesarse en los manzanos, produciendo más tarde una verdadera peste.

No sabemos cómo una especie cambia el gusto por el alimento, pero una vez que una nueva fuente de alimentación ha sido colonizada satisfactoriamente se produce un cierto aislamiento ecológico y la nueva « raza » persiste y evoluciona, ya que los adultos que se producen están « condicionados » (en la terminología del psicólogo) al olor de la planta de la que se han alimentado durante su estado de larva, prefiriéndolo al de la especie original. Thorpe ha preparado algunos experimentos, condimentando el alimento de las larvas de insectos que se alimentan de fruta con distintas substancias químicas, y ha hallado que se produce una cierta preferencia en el condicionamiento de la ovación de los adultos.

Los resultados de Thorpe son una brillante confirmación experimental del principio de la « Selección orgánica », sugerido hace ya mucho tiempo por Baldwin y Lloyd Morgan, según el cual un cambio de hábitos, sin herencia de una alteración, puede muy bien ser el primer paso en un proceso evolutivo.

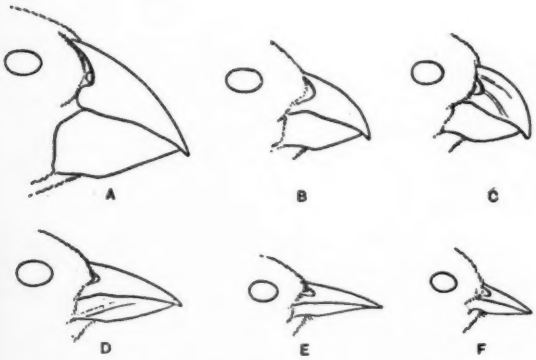


FIGURA 8 – *La radiación divergente en los pinzones.* (*a*) Geospiza, *que incluye a los comedores de semillas de gran pico.* (*b*) Platyspiza, *comedores de hojas.* (*c*) Camarhynchus, *insectívoros.* (*d*) Cactospiza, *que utilizan unas ramitas para sacar a los insectos de los orificios de la madera.* (*e*) *Es un ave de esbelto pico muy semejante, de la Isla de los Cocos.* (*f*) Certhidea, *semejante al cerrojillo.*

(*Según H. S. Swarth. Por cortesía de la* Biological Review, *Cambridge.*)

ESPECIES PROXIMAS

A veces, cuando las especies estrechamente relacionadas ocupan la misma área, los límites de apareamiento parecen estar intensificados por la selección natural. Así sucede con el cerrojillo y el chifchaf británicos, que son muy semejantes en muchos respectos, pero se diferencian grandemente en el canto.

Sin embargo, otras veces no existen divergencias tan manifiestas y es necesaria intensa investigación para averiguar que lo que antes se suponía ser una sola especie es en realidad dos o más. Antes se creía, por ejemplo, que sólo existía en Europa una especie del mosquito de la malaria, el *Anopheles maculipennis*, pero se ha descubierto hoy que hay a lo menos cinco o seis grupos de reproducción aislada, esto es: especies. Las cuales apenas se diferencian en las formas adultas, y muy ligeramente en las larvas, pero pueden distinguirse por la forma, color y diseño de los flotadores de los huevos. Se diferencian también en sus hábitos, en el grado de tolerancia del agua salada, y en su capacidad de transmitir la malaria al hombre.

Podemos comprender a veces que dos especies casi idénticas hayan alcanzado su apariencia presente. Los diminutos trepadores o garabatos pardos de los árboles de Europa pertenecen en realidad a dos especies distintas. La occidental, o *Certhia familiaris*, presenta un pico más corto, la uña trasera más larga y menos encorvada, y el color más claro que la especie oriental, *C. brachydactyla*. Ambas se entremezclan en una ancha zona de la Europa central, pero no se aparean.

La explicación parece ser como sigue: la extensión del hielo durante el período glacial produjo la división de la zona que ocupaban originariamente los garabatos, quedando aislados dos grupos, uno en el Sudoeste y otro en el Sudeste. Durante este período llegaron a adquirir características tan distintas que les impiden su apareo. A la retirada del hielo, no sólo volvieron a ocupar parte del territorio primitivo, sino que se entremezclaron, pero sin confundirse.

Aún más extraordinario es el caso de las cadenas de subespecies que presentan una continuidad, pero cuyos eslaboles extremos no pueden aparearse (figura 9). El grupo todo es al mismo tiempo una especie y dos especies distintas, o si se quiere, dos de sus subespecies actúan, al encontrarse, como si se tratase de especies.

Cuando los grupos vuelven a reunirse tras una separación, la divergencia originada puede no haberse hecho tan acusada que los grupos queden separados permanentemente, y podrán por lo tanto aparearse. Los cuervos nos dan un buen ejemplo de esto. Durante la Edad del Hielo, el grupo que quedó al Este de Europa debió de desarrollar la brillante caperuza de plumas grises y blancas, mientras que el cuervo de carroña del occidente permaneció negro[1]. Ambas formas vuelven a encontrarse ahora y en la zona de contacto forman un corredor de formas híbridas de todo tipo. En Europa la zona de apareamiento mixto se extiende al sur de los Alpes y por la costa occidental del Mar Báltico.

CRUCE Y MULTIPLICACION DE CROMOSOMAS

Las cosas se complican mucho más en las plantas, porque entre ellas, especies que son evidentemente distintas hibridizan fácilmente dando una fértil prole. Así sucede con la alfalfa de flor púrpura, importada en Europa como forrage (*Medicago sativa*) durante el siglo XVII, la cual parece haberse cruzado rápidamente con la especie nativa de flor amarilla (*M. falcata*), dando una forma híbrida de extrañas flores verdinegras y caracteres muy variables, lo que se debe sin duda a las recombinaciones mendelianas, pero que es, en tanto que grupo, más vigorosa y fértil que los padres. En cierta región de Francia, en la que no se ha conservado artificialmente la *M. sativa*, sólo ha sobrevivido la forma híbrida. Tenemos aquí por lo tanto una «raza híbrida» bien distinta y que ha merecido el nombre específico de *M. sylvestris*.

Las plantas se diferencian de los animales en otro sentido: en la tendencia más marcada a la reduplicación de sistemas completos de cromosomas. Toda la constitución hereditaria está cortada y dividida entre un número determinado de cromosomas que generalmente permanece constante para cada especie. La ley general es la existencia de dos sistemas o paquetes de cromosomas en cada célula del cuerpo; antes de la reproducción dichos sistemas quedan repartidos de forma que cada gameto, o célula sexual, ya sea esperma (o grano de polen) o huevo, tenga sólo un sistema.

El número básico de cromosomas en un sistema se denomina n. Las células sexuales contendrán por lo tanto n, las células del cuerpo $2n$. Sucede a veces que durante la división de las células se dobla el número de cromosomas en algunas de ellas, pero la célula misma no llega a dividirse.[2] Todos los

[1] Otro tercer grupo del sudeste asiático permaneció también negro.

[2] O puede suceder que un gameto se forme con un número irreducido de cromosomas ($2n$).

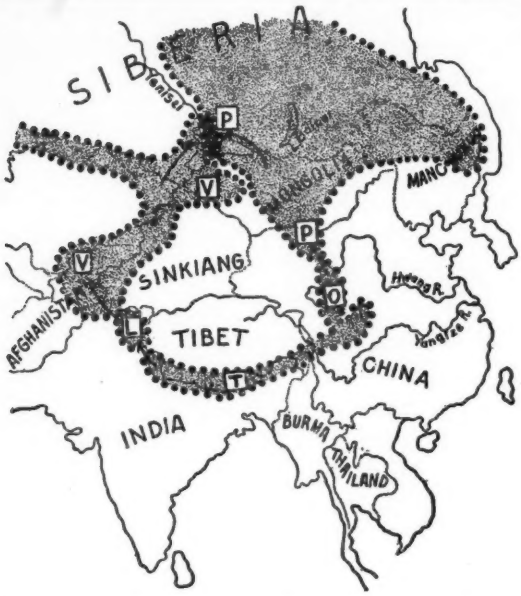


FIGURA 9 – *Subespecies que divergen hasta que el apareamiento se hace imposible. En Asia central, el cerrojillo* Phylloscopus trochiloides *forma un anillo de cinco especies estrechamente relacionadas, cada una de ellas entremezclándose con la otra.* Vizidanus (*V*) *y* Plumbeitarsus (*P*) — *que se han puesto en contacto posteriormente ocupan el mismo territorio pero sin aparearse (área cruzada).*

(*De E. Mayr,* Systematics and the Origin of Species. *Por cortesía de la Columbia University Press.*)

descendientes de dicha célula tendrán un número de cromosomas doble del normal, o sea 4*n*; las yemas o flores así producidas serán *tetraploides*, o « cuádruples » con respecto a sus cromosomas. Esta multiplicación parece deberse a ciertas condiciones extremas, en especial al frío. Tales flores, al cruzarse con flores normales producirán una prole *triploide* (3*n*) que ha de ser estéril, ya que los cromosomas no pueden ser distribuídos en dos sistemas completos en las células sexuales: habrá dos de cierta clase y uno de otra, resultando en un desequilibrio completo. Aún cruzadas con otros tetraploides, el resultado será de una fertilidad reducida, ya que habrá una gran proporción de células sexuales en las que la división habrá incluído tres cromosomas de una clase en algunas células y sólo uno de otra.

Pero muchas plantas son capaces de reproducción asexual, por medio de vástagos, bulbos, partenogénesis, etc., y de esta forma los tetraploides pueden perpetuarse al principio. Lo cual es muy probable porque son mucho más resistentes que las formas diploides (2*n*) normales en condiciones difíciles.[1] Y una vez establecidas, la selección puede ajustar los diversos mecanismos de la división celular para aumentar su fertilidad. Pero tendrán que confiar únicamente para su reproducción en métodos asexuales.

Nuevas multiplicaciones pueden ocurrir más tarde dando formas 8*n*, 16*n*, 6*n*, 12*n* y así sucesivamente. Dejando a un lado los detalles de su origen, es evidente que existen muchas plantas que difieren primordialmente en su « ploidismo ». La *Anemona montana*, con sus formas 2*n*, 4*n* y 6*n*, todas ellas prácticamente idénticas pero incapaces de dar prole al cruzarse entre sí, es un buen ejemplo de lo que llamaremos « aislamiento genético » dentro de una misma especie, que puede también traducirse en términos geográficos. Así, en la crucífera *Biscutella laevigata* el tipo original 2*n* ha podido sobrevivir sólo en ciertas regiones aisladas. El tipo 4*n*, que puede muy bien haber surgido originariamente a consecuencia del frío, presenta una mayor resistencia a éste y es mucho más vigoroso, ocupando un área extensa y contínua a través de Europa y extendiéndose hacia el norte mucho más que el tipo 2*n*. A veces, los datos parecen sugerir que el tipo original 2*n* no ha podido competir con el 4*n*, pereciendo en consecuencia.

Tenemos aquí un nuevo sistema de diversificación. En los animales puede producirse un cierto grado de aislamiento genético debido a las alteraciones internas de ciertos fragmentos de los cromosomas (demasiado complicadas para ser descritas ahora), y si a éste se añade el aislamiento geográfico puede producirse una separación de grupos mutuamente infértiles — verdaderas especies — que tenderán a parecerse muy estrechamente.

FORMACION DE ESPECIES CONVERGENTES: LA RETICULACION

El hecho más sorprendente acerca de la evolución vegetal, con todo, es que pueden surgir nuevas especies repentinamente, por medio del cruce de otras dos especies seguido de una multiplicación cromosómica. Podemos dar a este proceso el nombre de formación de especies convergentes, en oposición a la división usual, o divergencia, de una especie en dos o más.

El caso clásico es el de la *Primula kewensis*, llamada así por haber nacido espontáneamente en Kew de un cruce entre dos especies bien conocidas, *P. verticillata* y *P. floribunda*. Era al

[1] La multiplicación de cromosomas a veces produce un aumento en el tamaño de la planta o de sus órganos.

principio enteramente estéril, pero tras varios años de cultivo por medio de injertos creció una yema fértil que, bajo examen, resultó poseer 36 cromosomas en vez de los 18 de las plantas padres. Antes de la multiplicación, la planta híbrida tenía sólo un juego de cromosomas derivado de cada planta originaria; dichos cromosomas eran tan diferentes que no podían funcionar juntos. Pero tras la multiplicación llegó a poseer dos juegos completos dobles con lo cual podía realizarse la reproducción sexual con el apareo normal de los cromosomas y su normal desarrollo (*Véase* también la figura 5). Los tetraploides así producidos toman el nombre de alotetraploides, en oposición a los autotetraploides, de que tratamos antes.

La *Primula kewensis* hubiera perecido sin duda sin ayuda humana. Pero la *Spartina townsendii* nos ofrece un ejemplo de lo que puede suceder (figura 7). La *Spartina stricta* es una planta de arroz europea de los pantanos salobres. La *S. alterniflora* es una especie americana cuyas semillas cruzaron el Atlántico accidentalmente con la carga de algún buque. Parece que ambas se cruzaron ($n = 28$) $\times$ ($n = 35$) dando una forma híbrida ($2n = 63$) que ha debido de ser infértil hasta que dobló sus cromosomas a 126. Esta nueva especie tetraploide es más resistente que sus padres, pudiendo colonizar pantanos de lodo abiertos a las mareas en los que aquellos no podían prosperar.

El castaño de Indias de flor rosada nació de semejante manera de un cruce entre el castaño blanco de Europa y una especie roja americana.

Debemos mencionar por último algunos grupos, como las zarzamoras y las mimbreras, en los que la reproducción sexual y asexual, la hibridización y ambas clases de poliploidismo se combinan de tal manera que se acaba por producir una red estrechísima de formas en las que la línea de descendencia converge y diverge al mismo tiempo, con un resultado que resiste a todo intento de clasificación ordinaria, de manera que el concepto de las especies no sirve para tales complejos.

El único animal en el que se da algo semejante a este sistema de evolución « reticulada » es el hombre. Si el hombre hubiera sido como otros mamíferos, podemos tener la seguridad de que sus « razas » principales hubieran divergido en direcciones independientes. Pero su inquietud contínua y sus peculiaridades psicológicas han conducido a la substitución de la divergencia original por un constante y progresivo movimiento de migración y mezcla.

El número de especies vegetales y animales conocidas hoy se halla entre uno y dos millones. Como hemos visto se diferencian en su modo de origen, tamaño, estructura y variabilidad, su capacidad para ajustarse a condiciones nuevas o perecer. Su diversidad adorna el mundo; y contínuamente nuevas especies evolucionan contribuyendo así a la diversidad vital en grado menor. Pero, ¿y la diversidad de grado mayor? ¿Se inician todavía las tendencias evolutivas de largo plazo capaces de producir tipos de organismos enteramente nuevos, tan nuevos como lo son el gato o el caballo comparados con los mamíferos primitivos, como el mamífero de sangre caliente comparado con su antepasado el reptil, como los animales terrestres comparados con los acuáticos; como las plantas de flor comparadas con las de esporas?

Nadie puede darnos una respuesta cierta. Y con todo, parece probable que la vida haya agotado sus tendencias de largo plazo. Es norma de la evolución que los grandes tipos nuevos lleguen a hacerse dominantes por medio de ramificaciones en líneas de creciente especialización y que cada especialización termine últimamente en un punto muerto. La selección no puede continuar más en esa dirección, lo más que puede hacer es producir cambios menores en el tipo creando nuevas especies, y géneros. Y cuando surge un nuevo tipo dominante, éste resulta de la evolución de un miembro no especializado del previo grupo dominante.

Una excepción hay: el hombre, la especie humana, que es hoy el tipo de organismo dominante. Ha permanecido estructuralmente sin especializar. No se ha ramificado en líneas enteramente divergentes. Su nueva capacidad para el pensamiento consciente e intencionalidad, en los cuales depende su supremacía biológica, le ofrecen la posibilidad de establecer un fondo común de conciencia. Sus especialidades no son herencia biológica, sino aprendidas. Y si se decide a ello puede controlar no sólo su ambiente natural y social sino también su futura evolución biológica.

El estudio de las especies le da parte del conocimiento necesario que debe formar. En los últimos años los avances en la Genética, la Citología y otras ramas de la Biología han hecho posible una visión nueva y sintética. Los trabajos pacientes, y no siempre reconocidos, de los clasificadores de los museos están produciendo fruto y extendiéndose por el campo y por el laboratorio experimental. Dentro de muy poco tiempo estará ya recogido todo el material necesario para que un nuevo Darwin escriba otra obra maestra sobre la materia. Pero su título tendrá que ser, en vez de el *Origen*, los *Origenes de las Especies*.

William Curtis, fundador de *The Botanical Magazine*

J. W. HUNKIN

Las publicaciones científicas, que representan uno de los medios principales para el intercambio de información y opiniones, han tenido un papel muy importante en el desarrollo de la Ciencia. Este año se celebra el segundo centenario del nacimiento de William Curtis, fundador de *The Botanical Magazine*, y es justo recordar aquí su obra. Dicha publicación, que ha continuado apareciendo sin interrupción desde su nacimiento en 1787, se considera, dentro de su propio campo, como una de las más valiosas del mundo.

William Curtis, fundador de *The Botanical Magazine*, nació en Alton, en el condado inglés de Hampshire, el 11 de Enero de 1746, de padre curtidor y miembro de *The Society of Friends*. A la edad de 14 años, William entró de aprendiz con su abuelo, John Curtis, el cirujano-boticario de Alton. Uno de los mozos empleados en la posada vecina poseía singular conocimiento de las flores silvestres y de los insectos de las cercanías, e, influyendo sobre el muchacho, le aficionó a la Historia natural. Cuando contaba veinte años, William fué enviado a Londres como asistente de un boticario y para que siguiese sus estudios en el Hospital de Santo Tomás; pero continuó siendo la Historia natural su mayor interés.

Al morir su patrón, William se hizo cargo del despacho, lo que claramente constata un aviso en el que se lee que « William Curtis, Boticario de Gracechurch Street 51, despacha toda clase de drogas y medicinas vegetales ». Hace varios años, la Corporación de la ciudad de Londres colocó, en el muro de un alto edificio que hoy se levanta en aquel sitio, una placa que dice:

« En una casa sobre este solar vivió
WILLIAM CURTIS, Botánico,
N. 1746–M. 1799 ».

Es satisfactorio comprobar que la placa ha sobrevivido a todos los ataques aéreos.

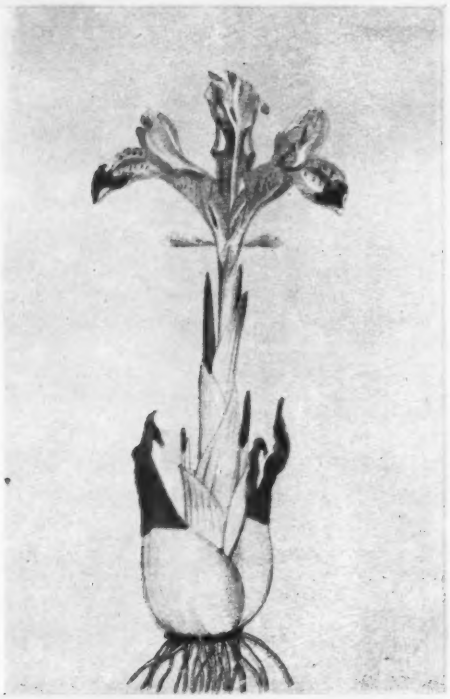
En 1770, Curtis tomó un socio a quien vendió el establecimiento no mucho después. Y el año siguiente, con el apoyo de dos comerciantes londinenses, Curtis comenzó el cultivo de un huerto, de una hectárea aproximadamente, en Grange Road, Bermondsey, para el estudio de las plantas británicas.

El mismo año de 1771 apareció la primera publicación de Curtis, un panfleto de 44 páginas con una plancha. Llevaba por título « Instrucciones para la caza y conservación de los insectos, particularmente de las Polillas y Mariposas.»

En 1772 la Sociedad de Boticarios de Chelsea nombró a Curtis profesor de Botánica, consistiendo su obligación en enseñar a los aprendices las plantas medicinales que contenía el Jardín de los Boticarios, dirigiendo además todas las excursiones botánicas por los campos de la vecindad, trabajo éste al que se dedicó concienzudamente.

En mayo del año 1775 apareció el primer número de *Flora Londinensis*, o « Una obra botánica nueva y original que se esfuerza por recoger todas las plantas que crecen silvestres en la Gran Bretaña, comenzando con las que se encuentran en las cercanías de Londres ». Debido en parte a la falta de fondos, y en parte a otras ocupaciones, los números de esta revista (con el precio de cinco chelines la edición en color y de media corona la corriente) aparecían con una irregularidad tal que llegó a exasperar a los suscriptores. La entera publicación, encuadernada más tarde en dos volúmenes monumentales, quedó abandonada en 1798.

En 1777 Curtis abandonó su puesto de profesor, pero publicó una edición para estudiantes del « Sistema de Botánica » de Linneo. Dos años más tarde, el 1° de Enero de 1779, inauguró un « Jardín Botánico de Londres » en Lambeth Marsh. Los que se suscribían con una guinea anual tenían derecho a pasearse por los jardines todos los días, excepto los domingos, en compañía de una persona, y también al uso de la Biblioteca. Los que pagaban una suscripción de dos guineas podían introducir a más de una persona, bien con ellos mismos o mediante una tarjeta, recibiendo también las raíces y semillas de las plantas que deseasen, siempre que no se perjudicasen las existencias del jardín. Se publicó en 1783 un catálogo de las plantas, que alcanzaban el número de seis mil;



Iris persica (*t.*1).

Erica ciliaris (*t.*484).

Camellia japonica (*t.*42).

Jasminum officinale (*t.*31).

(*Ilustraciones de los primeros volúmenes de* The Botanical Magazine.)

estaba dividido en cinco secciones: plantas medicinales, plantas culinarias, plantas venenosas comunes, plantas de explotación y plantas británicas. Contenía también una lista de las personas que habían dado plantas a Curtis para iniciar su jardín.

La necesidad sentida por un tal jardín puede muy bien comprenderse si se piensa que durante aquellos días aún el famoso jardín botánico de Oxford se hallaba « desierto y abandonado » según se dice en una carta escrita por un tal Mr. J. Stokes de Worcester que acababa de visitarlo.

La aparición de vastos enjambres de polillas culipardas en 1782 causó gran alarma. Muchos creían que era un presagio de la Peste, habiéndose ofrecido rogativas en varias iglesias «para que se nos librase de la temida calamidad».[1] Curtis publicó una monografía sobre dicho insecto, en la cual demostró la ausencia de fundamento para tal alarma.

Cinco años más tarde, en 1787, Curtis inició la publicación de la obra que había de darle más renombre, *The Botanical Magazine*, cuyo número inaugural apareció el 1° de Febrero, mostrándose en la figura pág. 16 la portada del mismo.

Retrato de William Curtis por Wright
(*Reproducido con permiso de* The Royal Horticultural Society.)

En el prefacio de dicha obra, Curtis propone uno de los principios que han continuado vigentes hasta hoy día:

« Al iniciarse esta publicación no teníamos propósito de inmiscuirnos en el territorio del florista, presentando figuras de flores dobles y mejoradas, las cuales deben su nacimiento a veces al cultivo, o más frecuentemente a los caprichos de la naturaleza; pero los fervientes ruegos de numerosos suscriptores nos han inducido a desviarnos de nuestro propósito original, prometiéndoles por lo tanto al menos una de las flores más estimadas por los floristas ».

Acostumbraba Curtis a decir que la *Flora* le había traído fama, pero que el *Botanical Magazine* le había llenado la bolsa. En efecto, el *Magazine* floreció no sólo durante la época de Curtis sino también durante la época presente; el último volumen publicado es el No. 164, para 1944, y la última plancha lleva el No. t.9666. Aparecía originariamente en números mensuales, en octavo, conteniendo cada uno tres planchas y descripciones de plantas, al precio de un chelín. Era el primer periódico botánico ilustrado y tuvo un éxito inmediato. De una tirada inicial de 2000 ejemplares mensuales muy pronto subió a 3000.

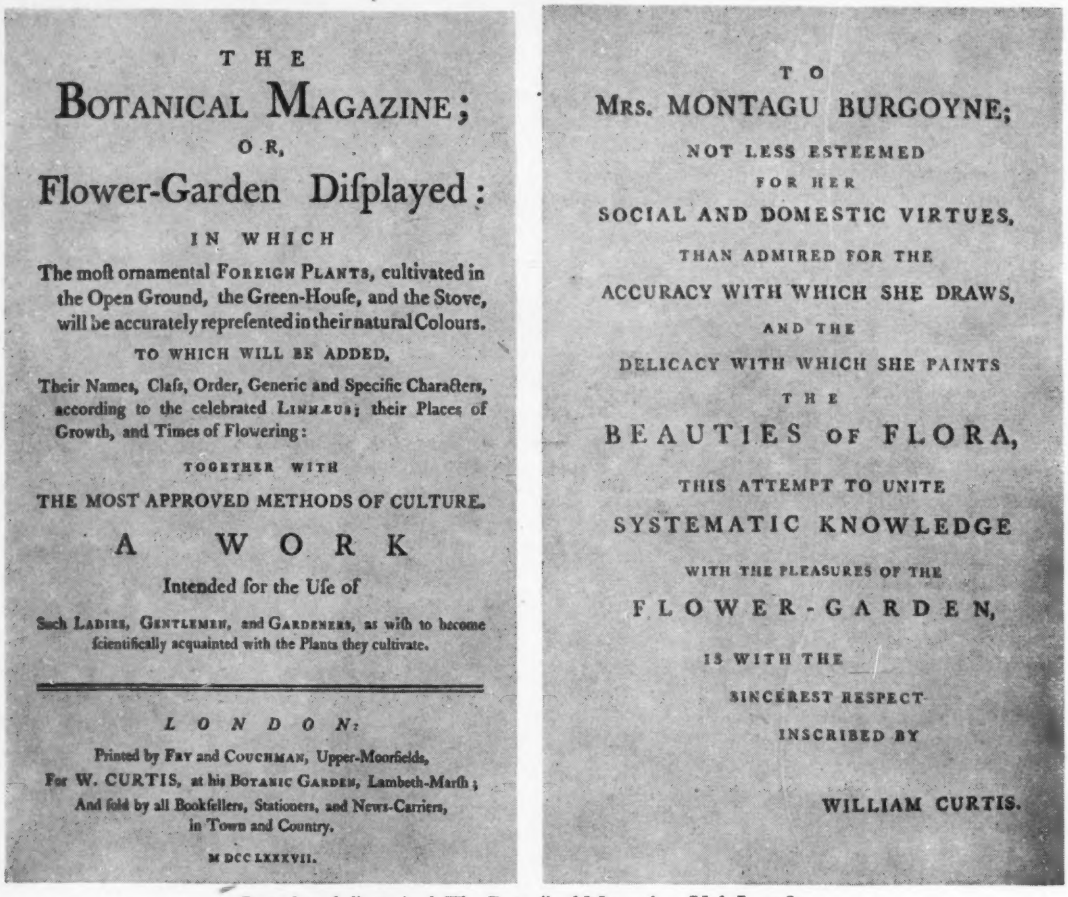
Una breve carta (31 de Diciembre de 1789) del Dr. Goodenough, uno de los fundadores de la *Linnaean Society*, y más tarde Obispo de Carlisle, muestra a las claras la apreciación con que se recibió el *Magazine:*

« Apreciado C.U.R.:

La Duquesa de Portland le ruega que a vuelta de correo le envíe Vd. el número 13 del *Botanical Magazine*, y a continuación los demás números según vayan apareciendo, el mismo día de su publicación. Deberá Vd. dejarlos en Burlington House, Piccadilly. Su alteza se está volviendo muy botánica ».

Se publicaron catorce volúmenes durante el primer período de la historia del *Magazine*, el cual se extiende hasta la muerte de su fundador en 1799. Contienen 504 planchas dibujadas por Sydenham Edwards, quien continuó ilustrando el *Magazine* después de la muerte de Curtis, hasta que se jubiló en 1815, fecha hacia la cual había producido ya casi 1770 diseños. William Graves fué el colorista de Curtis, y sus copias de las delicadas gradaciones de colores tienen a menudo gran encanto. La mayor parte de los colores han resistido bien el transcurso del tiempo, pero varios de los blancos y rojos se han esfumado. La mayoría de las plantas ilustradas y descritas la componen variedades perennes europeas y norte-americanas, y los *Erica*, *Pelargonium*, *Mesembryanthemum* y *Gladiolus* sudafricanos. Debe recordarse aquí que en 1772 William Masson había realizado un viaje al Cabo de donde trajo numerosas variedades.

[1] Dr. R. J. Thornton, *Sketch of the Life and Writings of W. Curtis*, pp. 4, 5.



THE
BOTANICAL MAGAZINE;
OR,
Flower-Garden Displayed:
IN WHICH
The most ornamental FOREIGN PLANTS, cultivated in the Open Ground, the Green-House, and the Stove, will be accurately represented in their natural Colours.
TO WHICH WILL BE ADDED,
Their Names, Class, Order, Generic and Specific Characters, according to the celebrated LINNÆUS; their Places of Growth, and Times of Flowering:
TOGETHER WITH
THE MOST APPROVED METHODS OF CULTURE.
A WORK
Intended for the Use of
Such LADIES, GENTLEMEN, and GARDENERS, as wish to become scientifically acquainted with the Plants they cultivate.

LONDON:
Printed by FRY and COUCHMAN, Upper-Moorfields,
For W. CURTIS, at his BOTANIC GARDEN, Lambeth-Marsh;
And sold by all Booksellers, Stationers, and News-Carriers, in Town and Country.
M DCC LXXXVII.

TO
MRS. MONTAGU BURGOYNE;
NOT LESS ESTEEMED
FOR HER
SOCIAL AND DOMESTIC VIRTUES,
THAN ADMIRED FOR THE
ACCURACY WITH WHICH SHE DRAWS,
AND THE
DELICACY WITH WHICH SHE PAINTS
THE
BEAUTIES OF FLORA,
THIS ATTEMPT TO UNITE
SYSTEMATIC KNOWLEDGE
WITH THE PLEASURES OF THE
FLOWER-GARDEN,
IS WITH THE
SINCEREST RESPECT
INSCRIBED BY
WILLIAM CURTIS.

Portada y dedicatoria de The Botanical Magazine, Vol. I, 1787.

La primera plancha presenta la figura encantadora de la *Iris persica*, cuya breve descripción contiene las frases siguientes: « Su belleza, temprano florecer y fragantes brotes hacen que sea estimada por todos los enamorados de las flores; puede cultivarse, como el Jacinto y el Narciso, en el interior en un vaso con agua, pero florece más lozana en un tiesto de arena o en arcilla arenosa, pudiendo unas cuantas flores perfumar todo un apartamento; crece también al aire libre, pero ha de ser en lugar abrigado y caliente ». Curtis cuida su estilo, produciendo frases redondeadas y suaves, un conjunto atrayente. « Este delicioso arbusto », dice de la *Coronilla glauca*, « casi eternamente en flor, admirable para los ramilletes, es oriundo del Sur de Francia y constante ornamento de nuestros invernaderos ». « Tiene el jazmín tal elegancia », anota del *Jasminum officinale* (t.31) « que, añadida a su aroma, lo hace objeto de universal admiración ». « Las flores (de la *Camellia japonica* (t.42)) son de firme contextura, pero suelen desprenderse antes de haber perdido su brillantez, por lo cual acostumbran muchos a sujetar flores tan caedizas a los nuevos capullos en los que continúan luciendo durante mucho tiempo. La *Colutea arborescens* (t.81) « florece tan profusamente desde Junio hasta Agosto, en cuya fecha las vainas presentan singular apariencia muy de nuestro agrado ».

El Volumen V, 1791, incluye la figura de la *Sophora tetraptera*, descubierta por Sir Joseph Banks en Nueva Zelandia y plantada por Mr. Forsyth hacia 1774 en el Jardín de los Boticarios de Chelsea, « donde se extiende hoy (28 de Abril de 1791) por gran espacio a lo largo de una muralla con vistas al oeste, tupida con largas ramas

colgantes llenas de flores amarillas de extraordinaria profusión».

Debemos mencionar, entre otras cosas notables que se contienen en esta primera serie, el *Pelargonium tricolor* (t.240), descrito por vez primera en el Vol. VIII, 1794; *Metrosideros citrina* (t.260, *Callistemon lanceolatus*), el antecedente de numerosos arbustos australianos de gran brillantez, el cual, según Curtis, era el primero que había prendido jamás en las Islas Británicas; La *Rosa semperflorens* (t.284), a la que consideraba como una de las plantas de adorno más deseables entre todas las que existían en Inglaterra, y en realidad una variedad de la *Rindica*, ambas contenidas en el Vol. VIII, 1794; y la *Cineraria cruenta* (t.406) de las Islas Canarias, la madre de numerosas variedades de cinerarias de invernadero (Vol. XII, 1798). Una plancha hermosísima es la que representa la *Erica ciliaris* (t. 484), oriunda de España y Portugal (Vol. XIV, 1800).

En 1788 fué fundada la *Linnacan Society*, con el Dr. Goodenough como tesorero, apareciendo la firma de Curtis en el Libro de Actas. Al año siguiente Curtis transplantó todas plantas a un nuevo jardín botánico en Brompton. Según dice, el humo de Londres, la obscuridad del lugar y el mal estado de los caminos que a él conducían, junto con « los efluvios que vienen de los zanjones que lo rodean, a veces altamente ofensivos», le habían causado grandes trastornos en Lambeth Marsh. El nuevo jardín ocupaba unas tres hectáreas y media e incluía invernaderos y una biblioteca. Se publicó en 1792–93 un Catálogo para los suscriptores del Brompton Botanic Garden. Estaba éste cuidadosamente diseñado y dividido en varias secciones: medicinal, agricultural, de hierbas extranjeras, del país, árboles y arbustos del país, etc., etc. Alrededor de todo ello se encontraban « los árboles y arbustos de otras tierras que pueden aclimatarse a la nuestra y que decoran y hermosean, dan sombra y recogimiento al jardín entero».

En 1792 Curtis publicó un opúsculo en el que se contenían sus sugerencias para un curso de excursiones herborizantes por los prados de Battersea. El Dr. Thornton, que se hallaba presente en dichas herborizaciones, dice que « Curtis tenía una vista verdaderamente microscópica . . . y, cuando se hallaba buscando flores en compañía de otros muchos herboristas, su vista agudísima le permitía coleccionar veinte veces más que todos los otros juntos».

En 1779 Curtis publicó un opúsculo sobre el cultivo de la col marina para uso de mesa, vendiendo con cada ejemplar una cajita de simientes, para procurar la popularización de su cultivo. El Dr. Lettsom, que había observado a los pescadores de las cercanías de Southampton comiendo dicha legumbre se la había recomendado a Curtis.

Tanto el Dr. Goodenough como el Dr. Thornton nos han dejado descripciones de su amigo. Era de baja estatura, fornido, rostro rubicundo y buen humorado. De sí mismo dijo: « No tengo pretensiones de hombre de letras, o de gran inteligencia, me conozco a mí mismo y mis imperfecciones; y la conciencia de mis propias limitaciones me hace modesto y produce en mí una intensa timidez que algunos han creído ser orgullo».

El 7 de Julio de 1799, Curtis falleció repentinamente de un ataque cardíaco, siendo enterrado en Battersea, en el viejo cementerio, frente a la entrada. Sobre su tumba se inscribió la siguiente leyenda:

« Aquí yacen los restos de Mr. William Curtis, Autor de la *Flora Londinensis* y, del *Botanical Magazine* y de otras obras de gran utilidad para su patria y honor para sí propio.

Murió el 7 de Julio de 1799, a la edad de 53 años.
Mientras crezcan las hierbas y la silvestre gloria
de las flores perfume y endulce la espesura
alabando tu obra, ¡oh, hijo de Natura!,
tu nombre estará siempre perenne en la memoria».

El tiempo ha borrado por completo la inscripción, pero se espera poder renovarla a tiempo para un Servicio en honor del botánico que se ha de celebrar en la Iglesia parroquial de Battersea el domingo 13 de Enero de 1946, que es el más próximo al aniversario de su muerte.

La última biografía de Curtis publicada ha sido la de Mr. W. Hugh Curtis, Curador del Museo Curtis, Alton, en 1941. Mr. Hugh Curtis ha hecho uso de multitud de cartas inéditas hasta el día, y su trabajo será por mucho tiempo el estudio clásico de la vida de Curtis. De él se ha hecho uso para el presente trabajo.

Alumbrado eléctrico por luminiscencia

C. C. PATERSON

Las lámparas eléctricas del tipo corriente de filamento poseen varios defectos y no parece probable que puedan mejorarse de una manera apreciable. Por lo tanto, el interés se concentra en los métodos modernos de alumbrado eléctrico por luminiscencia, los cuales prometen causar una revolución en los procedimientos de iluminación. El Dr. Paterson trata en este artículo de los principales fenómenos que dichos métodos ponen de manifiesto.

INTRODUCCION

El avance más importante que, bajo el punto de vista técnico, se ha producido en Luminotécnica durante los últimos veinticinco años, se basa en dos causas. La primera es la propiedad que poseen las descargas eléctricas producidas en el seno de ciertos vapores de radiar una gran parte, comparativamente hablando, de la energía que emiten en las regiones visible y ultravioleta del espectro. La segunda es la propiedad que poseen algunas materias luminiscentes de presentar fluorescencias muy intensas cuando están sometidas a la acción de dichas descargas.

El rendimiento luminoso de los cuerpos radiantes por incandescencia ha alcanzado probablemente su límite práctico con las lámparas de filamento de tungsteno. Es pues de interés examinar aquellos factores que apoyan la creencia de que puedan producirse otros tipos de lámparas con un rendimiento por lo menos igual al de aquéllas.

Estos factores pueden ponerse en evidencia estudiando el diagrama (figura 1) de distribución espectral de la energía emitida por radiación por una lámpara de incandescencia con filamento de tungsteno, y el correspondiente a dicha distribución cuando se trata de una descarga eléctrica en el seno de vapor de mercurio a baja presión. Puede observarse que la radiación producida por la lámpara de incandescencia es continua, y la emisión presenta un máximo en la región de rayos infrarrojos, o caloríficos, emitiéndose muy pocas radiaciones ultravioletas. La proporción de energía emitida en la región visible del espectro con relación a la emisión total depende de la temperatura del filamento, pero a temperaturas que permitan una vida normal a la lámpara tan sólo un diez por ciento, aproximadamente, de la energía absorbida se transforma en luz, lo que equivale a un rendimiento luminoso de unos 15 a 20 lúmenes por vatio.

La curva de distribución espectral de la energía en el caso de la descarga en vapor de mercurio indica que la radiación no es contínua, sino que tiene lugar según estrechas bandas del espectro. Una proporción muy elevada (alrededor del 50 por ciento) de la energía absorbida se emite en la región de rayos invisibles ultravioleta, con una longitud de onda de 2537 A. A pesar de la ausencia virtual de radiaciones invisibles infrarrojas en el espectro de estas descargas, su rendimiento en lúmenes es menor que el de las lámparas de incandescencia de filamento metálico. Lo que tiene importancia, sin embargo, es que en la lámpara de mercurio la energía emitida en radiaciones ultravioleta puede convertirse en radiaciones visibles mediante materias luminiscentes, con lo que se consiguen manantiales luminosos que dan luz blanca con rendimientos hasta de 60 lúmenes por vatio.

LAS MATERIAS LUMINISCENTES Y EL MECANISMO DE LA LUMINISCENCIA

Las materias luminiscentes comprenden las substancias fluorescentes y fosforescentes. Estas últimas están caracterizadas por una continuación del efecto luminoso durante cierto tiempo después de haber cesado el estímulo que lo produce. Estas materias luminiscentes pueden considerarse como transformadores de la frecuencia de las ondas electromagnéticas, produciéndose el cambio de frecuencia en el sentido de aumentar la longitud de onda. Por desgracia, no hay condiciones análogas o materias capaces de convertir las radiaciones caloríficas en luminosas, disminuyendo la longitud de onda, y por este motivo las materias luminiscentes no son de aplicación si se trata de mejorar el rendimiento de las lámparas de filamento de tungsteno.

Hay muchas substancias que presentan propiedades luminiscentes con más o menos intensidad: los aceites minerales, algunas sales orgánicas, como las derivadas del antraceno y de la quinina,

ENERG

ENERG

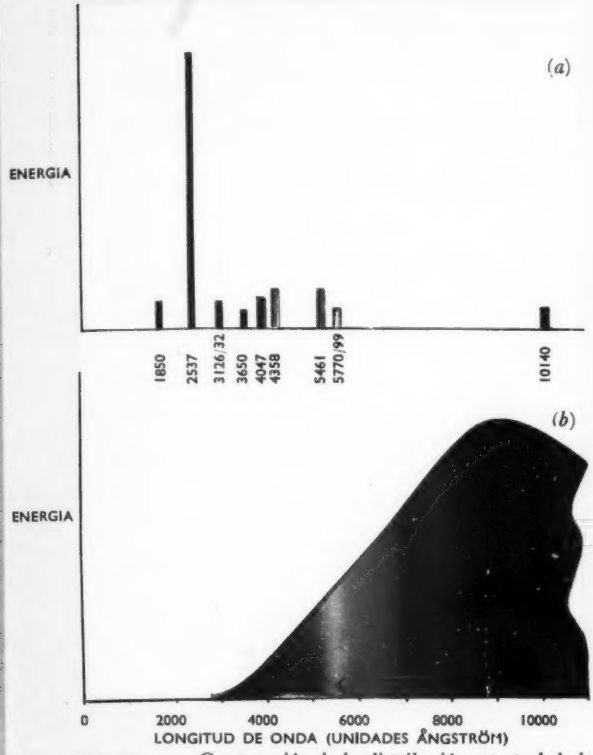


FIGURA 1 – *Comparación de la distribución espectral de la energía emitida por radiación por una descarga eléctrica y por un filamento incandescente de tungsteno. (a) Descarga en vapor de mercurio a baja presión. (b) Filamento de tungsteno.*

FIGURA 2 – *Estelas luminiscentes producidas al espolvorear colorantes fluorescentes (fluoresceína y rodamina) en agua, irradiada bajo una longitud de onda de 3650A.*

y ciertos colorantes son intensamente fluorescentes. Varios minerales, siendo probablemente los más conocidos la willemita, u ortosilicato de zinc, y la fluorita, o fluoruro de calcio, presentan también una luminiscencia muy acusada.

Aparte de su uso en combinación con lámparas de vidrio negro para obtener ciertos efectos espectaculares — la llamada luz negra — estas substancias no tienen interés por lo que se refiere al alumbrado artificial, ya que los cuerpos inorgánicos naturales luminiscentes son bastante raros y por otra parte su rendimiento es muy bajo. Las sales luminiscentes que se emplean en las lámparas de descarga se producen sintéticamente en el laboratorio, bien por un método especial de precipitación, o bien por vía seca, combinando directamente los componentes acídico y básico a alta temperatura. En ambos métodos se precisa una pureza muy grande, ya el material ha de ser tratado por ignición en hornos especiales, que alcanzan temperaturas de hasta 1.200° C, con el fin de desarrollar su estructura cristalina fundamental. Antes de la ignición el material ha de ser tratado con una pequeña cantidad de un

TABLA I

PRINCIPALES POLVOS LUMINISCENTES

Matriz	*Activador*	*Color Fluorescente*	*Longitud de onda de excitación*
SZn	Ag	Azul	3650A
SZn	Cu	Verde	3650A
S(Zn,Cd) ..	Cu	Amarillo-rojo	3650A
SiO_4Zn_2 ..	Mn	Verde	2537A
$SiO_4(Zn,Be)_2$	Mn	Amarillo-rojo	2537A
B_2O_4Cd ..	Mn	Rojo	2537A
WO_4Mg ..	Auto-activado	Azul	2537A

FIGURA 3 – *Seda artificial teñida con diversos colorantes fluorescentes y excitada bajo una radicación de 3650A para hacer patente su luminiscencia. Los colorantes empleados no son luminiscentes en forma de polvo, pero adquieren esta propiedad cuando se hallan en dispersión en un medio apropiado, como ocurre al teñir ciertos géneros con ellos.*

FIGURA 4 – *Minerales fluorescentes sometidos a una radiación de 3650A. Por lo general, las substancias naturales no presentan propiedades luminiscentes muy acusadas, y en el caso de la figura los minerales son excepcionales por lo que a estas propiedades se refiere.*

FIGURA 7 – *Figura pintada con sulfuros luminiscentes y fotografiada bajo luz normal. El aspecto apagado que presenta se debe a la falta de color propio en los pigmentos luminiscentes.*

FIGURA 5 – *Polvos luminiscentes sintéticos, excitados por radiaciones ultravioleta de onda larga. Estos polvos son, principalmente, sulfuros de zinc y de zinc-cadmio, activados por plata y cobre.*

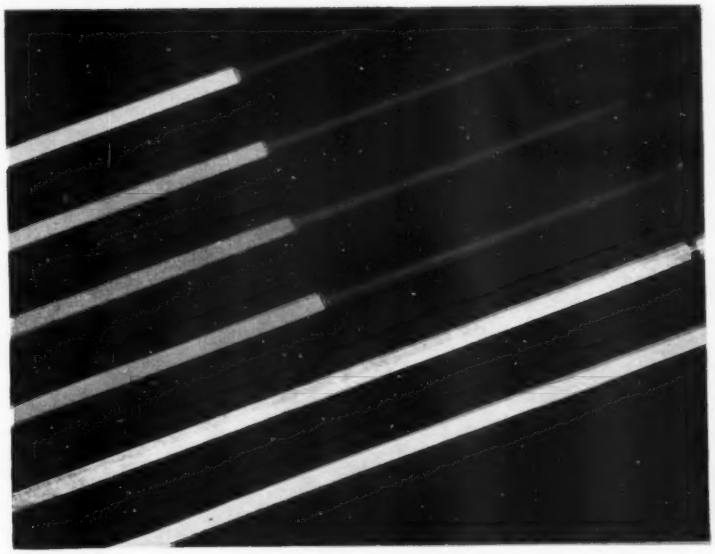


FIGURA 6 – *Lámparas fluorescentes con revestimientos formados con diversos polvos fluorescentes. Varios de los tubos están revestidos solamente en la mitad de su longitud con el fin de apreciar el color propio de la descarga. Las dos lámparas de la parte inferior de la figura tienen un revestimiento compuesto por mezclas de polvos, con objeto de producir luz diurna en un caso y luz blanca cálida en el otro.*

FIGURA 8 – *La misma figura anterior vista bajo radiación ultravioleta de onda larga.*

FIGURA 9 – *Espectro producido por una lámpara fluorescente con luz diurna, comparado con la luz diurna natural. En el caso de la lámpara pueden apreciarse las rayas correspondientes al mercurio, superpuestas sobre el fondo contínuo, y en el caso de la luz natural se observan las rayas de absorción de Fraunhofer.*

activador metálico, generalmente manganeso, obteniéndose una gama de colores fluorescentes cuando se utilizan diferentes compuestos básicos, o matrices, con diversos activadores, según se puede observar en la Tabla 1.

El mecanismo de la luminiscencia es extraordinariamente complejo, y hasta hoy solamente ha podido ser explicado en términos cualitativos. Muy brevemente, la teoría moderna supone que los átomos activadores forman los llamados centros activos en la matriz cristalina, en cuyos centros cada átomo del activador está más o menos separado de los demás por las moléculas de la red cristalina. Esto los faculta para absorber y emitir energía por transición de electrones entre niveles de energía que están, no obstante, asociados también con la disposición de las moléculas en el cristal. Así pues, en lugar de líneas espectrales finas resultantes de transiciones entre niveles discretos de energía, como ocurre en las descargas eléctricas, los niveles de energía dan lugar a radiaciones que cubren una gama de longitudes de onda.

EFECTOS LUMINISCENTES CON LAMPARAS DE VIDRIO NEGRO

Además de su empleo en lámparas de descarga, que es el principal objeto de este artículo, ciertos polvos luminiscentes se emplean para efectos especiales de iluminación combinados con lámparas de vidrio negro. En la figura 8 puede apreciarse una figura pintada con sulfuro de fósforo, vista bajo la radiación producida por la lámpara negra, y en la figura 7 la misma figura bajo luz blanca ordinaria.

Ha sido propuesta en diversas ocasiones la utilización de grandes superficies, tales como muros o techos, revestidas con materiales luminiscentes e iluminadas por lámparas de vidrio negro, para servir como manantiales luminosos. Esta forma de iluminación tiene posibilidades interesantes en usos decorativos, pero no parece factible su utilización como alumbrado ordinario por razón de su coste elevado y de su bajo rendimiento luminoso, que es tan sólo de uno o dos lúmenes por vatio.

EL REVESTIMIENTO LUMINISCENTE

En las lámparas fluorescentes que se utilizan en la práctica, el material luminiscente se dispone, generalmente en suspensión en un aglomerante orgánico apropiado, en forma de un revestimiento fino y uniforme que cubre la superficie interior del tubo. Para conseguir el rendimiento máximo en radiaciones ultravioleta es preciso mantener baja la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo, y por esta razón las lámparas fluorescentes de descarga operan a temperaturas muy poco superiores a la ambiente, lo que explica que su tamaño sea generalmente muy grande con relación a la potencia que consumen.

Las lámparas fluorescentes de la figura 6 tienen 1,50 metros de longitud, y 38 mm. de diámetro, y consumen 80 vatios cada una. Varias de estas lámparas están revestidas con diversos polvos luminiscentes en su mitad solamente, dejándose la otra mitad sin revestir para poder apreciar el efecto de la descarga en vapor de mercurio.

Con el fin de obtener luz de color blanco, de modo que la distribución de su energía en el espectro se aproxime a la luz solar, se utilizan revestimientos mixtos, compuestos por mezclas de polvos simples, y en la parte inferior de la figura 6 pueden apreciarse dos lámparas que utilizan esta clase de revestimientos. Es de interés señalar que como resultado de recientes investigaciones, en la Gran Bretaña se emplean ciertos polvos luminiscentes simples que producen por sí solos colores blancos muy satisfactorios. En la figura 9 puede

apreciarse la semejanza entre los espectros de la lámpara fluorescente, y el de la verdadera luz diurna; la radiación de las líneas en el primer caso corresponde solamente a un 10% de la radiación total visible, y no altera de una manera sensible la coloración de la luz.

EL RENDIMIENTO QUANTICO DE LAS MATERIAS LUMINISCENTES

Cuando se estudia la posibilidad de perfeccionamientos en esta clase de alumbrado hay que determinar el tanto por ciento del rendimiento teórico máximo que puede alcanzarse con los polvos luminiscentes modernos. Se dice que una substancia luminiscente tiene un rendimiento del 100 por ciento cuando emite un quantum de radiación por cada quantum que absorbe. Pero como la energía contenida en un quantum es inversamente proporcional a la longitud de onda, hay una pérdida inevitable al transformar radiaciones ultravioleta en luz blanca. En el caso de radiaciones de 2537 A de longitud de onda, esta pérdida se eleva al 50%.

El rendimiento quántico de un polvo depende del método de preparación y de su grado de pureza. Por ejemplo, un cuerpo luminoso que posea color propio tendrá generalmente un rendimiento quántico inferior al de otro libre de coloración. Los rendimientos quánticos pueden determinarse por medición del rendimiento luminoso de lámparas fluorescentes que presenten una distribución espectral conocida de su energía, disipando una cantidad también conocida de la misma en forma de radiaciones ultravioleta. De aquí se deduce, puesto que son normales valores del 85 y 90%, que no es de esperar un mejor rendimiento luminoso de las lámparas fluorescentes debido a un rendimiento quántico más favorable.

VARIACION DE LA POTENCIA LUMINOSA EN LAS LAMPARAS FLUORESCENTES

Las observaciones del apartado anterior no pueden tomarse en un sentido absoluto, porque se refieren a las condiciones de los polvos luminiscentes antes de que el funcionamiento de la lámpara durante cierto tiempo haya afectado sus propiedades. Uno de los defectos principales de las lámparas de vapor de mercurio es la disminución de luminosidad con el uso; esto se debe a la formación, bajo la acción de la descarga, de depósitos de mercurio y sus compuestos sobre el revestimiento fluorescente, y a la lenta desintegración del filamento, parte del cual también se deposita en el revestimiento. Estos depósitos absorben parte de las radiaciones ultravioleta, y como consecuencia reducen el rendimiento luminoso de la lámpara, especialmente en la primera parte de la vida de la misma. Esta disminución del rendimiento depende, hasta cierto punto, de la densidad de la corriente: en el caso de que ésta sea relativamente elevada, como ocurre con la lámpara inglesa de 80 vatios, puede alcanzar un valor del 20% en los primeros centenares de horas en servicio, y un 20 o 30% más durante las 3.000 horas siguientes.

La velocidad de formación de depósitos sobre el revestimiento depende de una serie de factores, entre los que se encuentra la misma naturaleza de los polvos luminiscentes que se empleen. Por este motivo se estudia en la actualidad muy detenidamente a dichos polvos, y se confía en conseguir grandes perfeccionamientos como resultado de este estudio.

LAMPARAS FLUORESCENTES PARA USOS ORDINARIOS

En la Tabla II se especifican las potencias en vatios y las dimensiones de las lámparas fluorescentes que aparecerán a la venta en el mercado británico próximamente. Estas lámparas se fabricarán con luz diurna, así como con un color blanco cálido que permita descansar a la vista.

TABLA II

DIMENSIONES Y POTENCIAS EN VATIOS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES BRITANICAS

Dimensiones nominales		*Vatios*
Longitud (metros)	*Diámetro (cm.)*	
1,5	3,8	80
1,2	3,8	40
0,9	2,5	30
0,6	3,8	20
0,6	2,5	20
0,45	2,5	15

Los valores del rendimiento y la vida de las lámparas de fluorescencia son de dos a tres veces los de las lámparas corrientes de filamento de tungsteno. Pero, además, las especiales características de color y difusión luminosa que aquéllas poseen, tienen tanta importancia como el rendimiento para el ingeniero luminotécnico y para todas aquellas personas que busquen un efecto estético en la iluminación.

Algunas consideraciones sobre bacteriología láctea

A. T. R. MATTICK

El estudio de la bacteriología láctea es una rama moderna de la ciencia aplicada, pero tanto su importancia como los resultados obtenidos están creciendo rápidamente. La leche, alimento de valor único para la nutrición humana, está por desgracia contaminada con frecuencia por bacterias nocivas. La finalidad del bacteriólogo no se limita a asegurar la distribución de leche dietéticamente sana, sino que hay muchos otros aspectos en los trabajos modernos tanto desde el punto de vista industrial como del de la ciencia pura.

La leche de vaca representa un papel único dentro del régimen dietético de la mayoría de los pueblos civilizados. Las vacas convierten enormes cantidades de productos vegetales en varias substancias de excelente calidad, tales como proteína, grasa e hidratos de carbono, mezclándolas con agua, sales inorgánicas y vitaminas, de tal manera que hacen de la leche un alimento casi perfecto. También la leche es un medio admirable para el desarrollo de muchas clases de bacterias, y así resulta que la leche y sus derivados ofrecen un vasto campo de investigación bacteriológica. En un medio con gran cantidad de bacterias distintas, varios factores influyen en cuáles hayan de ser los tipos preponderantes, y entre esos factores están los productos del propio desarrollo, tales como las substancias antibióticas.

PASTEURIZACION

Aunque son muchos los progresos técnicos, presentes y potenciales, que se han hecho en la preparación de la leche en polvo, o en cualquier clase de condensación, es muy probable que la demanda del público por leche líquida continúe creciendo a pesar de lo convincente que es el razonamiento contrario según el cual por contener la leche un 87% de agua, resulta anti-económico transportarla y distribuirla en su forma natural.

Si todos los microorganismos existentes en la leche no fueran patógenos para el hombre y los animales, las pérdidas y desechos que ocasionan podrían aceptarse como un mero inconveniente. Pero, de hecho, esto no es así, ya que las vacas sufren muchas enfermedades ocasionadas por bacterias, que son contagiosas para el hombre. El único método seguro, sastifactorio y económico de destrucción de estos organismos es la pasteurización; la cual se funda en el hecho de que si se mantiene la leche a una temperatura aproximada de 60° C durante unos 10 a 15 minutos, o una combinación equivalente de tiempo y temperatura, el protoplasma vital de la bacteria queda alterado y los microorganismos mueren. El número de animales que sufren alguna de estas enfermedades en sus formas más peligrosas puede ser relativamente reducido, pero cuando se mezcla la leche de diferentes rebaños el peligro de infección sobre grandes masas resulta patente.

Naturalmente que es possible — aunque difícil — producir leche que esté libre de organismos causantes de algunas de estas enfermedades de los animales, pero el peligro de una infección posterior con una gran variedad de organismos de procedencia humana está siempre presente.

La eliminación de los organismos patógenos es la razón principal para la pasteurización pero, al mismo tiempo, los organismos que agrian y que causan otras alteraciones de la leche son igualmente destruídos.

PRODUCTORES DE ESPORAS AEROBICAS

La leche corriente que se ofrece al mercado puede contener un gran número de organismos diferentes, pero en la práctica la mayor parte de la flora se limita a un corto número de tipos distintos: *Streptococci* lácteos y otros, organismos coliformes, *Micrococci* y algunos tipos formadores de esporas. Estos últimos provienen originariamente del suelo. Los utensilios de la granja y los aparatos de las instalaciones lecheras son en general esterilizados por medio de vapor, el cual si se le aplica de manera adecuada mata todos los microorganismos vegetativos, pero no las esporas de los tipos aeróbicos productores de ellas, los cuales poseen una gran resistencia al calor. Muchos de ellos son proteolíticos más bien que productores de ácidos, y debido a lo inadecuado del valor del *p*H resultante de la reacción son incapaces de

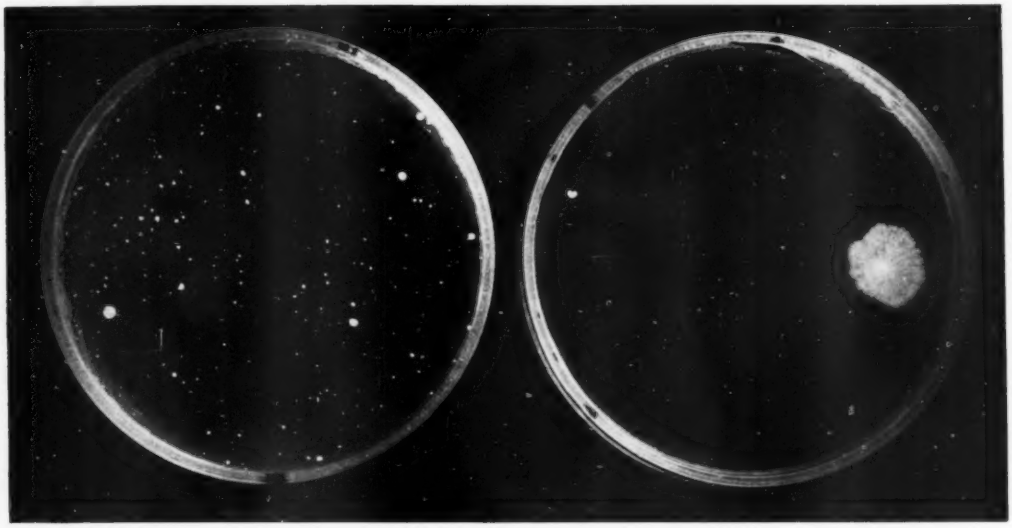


FIGURA I

(*a*) *Platillo de agar con leche desecada. No expuesto a la luz. Se han desarrollado doscientas cuarenta y siete colonias.*

(*b*) *Platillo de agar idéntico al* (*a*) *pero expuesto a la luz de un día sin sol. Se han desarrollado dos colonias.*

poder competir con los *Streptococci* lácteos; por lo tanto no ocasionan ordinariamente ningún perjuicio a la leche. Sin embargo, cuando se toma la leche de la vaca bajo condiciones de perfecta higiene para evitar la contaminación, o cuando la flora ha sido reducida por medio de la pasteurización, la cual no destruye las esporas, entonces los productores de esporas pueden dar lugar a serios trastornos. En el laboratorio de Reading fué observado primeramente, y luego confirmado en otros establecimientos, que muchas esporas no germinan excepto bajo la influencia de algún estímulo, tal como, por ejemplo, el calor sub-letal aplicado por la pasteurización. La germinación se produce entonces de manera rápida, y si no existen los contrincantes formadores de ácidos, los tipos formadores de esporas pasan a ser preponderantes.

Muchos tipos producen fermentos coagulantes, parecidos al cuajo, los cuales son causa de que la leche se coagule sin agriarse. En algunos tipos la nata de la leche, la cual proporciona las condiciones aeróbicas necesarias, se « parte » en diferentes agregados, probablemente debido a que las proteínas adsorbidas en los glóbulos de grasa son alteradas por los productos del metabolismo bacterial. En la leche esterilizada mantenida dentro de recipientes que permitan el acceso de una cantidad suficiente de oxígeno, este puede ser bastante para la germinación de las esporas que hayan ya recibido el estímulo necesario y sobrevivido al enérgico proceso térmico, y algunas bacterias productoras de esporas dan lugar a la formación de fenoles y cresoles libres derivados de la tirosina en la proteína de la leche. A veces, llegan a formarse en cantidad tal que la leche se echa a perder, y el infortunado vendedor puede ser acusado de adiciones fraudulentas.

Partiendo de distintos tipos de formadores de esporas se han producido cuajaleches vegetales que han sido empleados con éxito para la producción de queso, en lugares donde se rechaza el uso del cuajaleche animal.

Los formadores de esporas aeróbicos (del género *Bacillus*) son un grupo muy interesante el cual no ha sido estudiado a fondo todavía. Han suministrado algunas substancias activamente antibióticas, entre ellas la gramicidina. Todos los bacteriólogos de la industria láctea han debido observar las zonas de completa inhibición de otros organismos en la vecindad de las colonias de los formadores de esporas cultivados en agar e inoculadas con leche.

BACTERIAS TERMOFILAS

Las especies pertenecientes al género *Bacillus* se desarrollan bajo las condiciones más diversas y poseen una gran adaptabilidad. Las llamadas

FIGURA 2 – *Inhibición del desarrollo del bacilo tuberculoso. Las botellas (fotografiadas horizontales) contienen un medio líquido inoculado en su superficie con filtrado humano de bacilo tuberculoso.*

(Izquierda) Sin adición de antibiótico.
(Centro) Adición de antibiótico. Inhibición parcial.
(Derecha) Adición de antibiótico, más concentrado. Inhibición completa. La inoculación inicial no se ha desarrollado.

termófilas pueden ocasionar serias dificultades en la pasteurización efectuada en gran escala. En este proceso se logra una marcada economía de combustible si se aprovecha la leche que sale del aparato a 63° C para calentar la leche fría que entra en el mismo. En este intercambio de calor la temperatura es normalmente de unos 54° C y bajo estas condiciones los termófilos, tanto los *Streptococci* no formadores de esporas como los formadores de esporas aeróbicos, pueden desarrollarse muy rápidamente; los últimos pueden ocasionar serios trastornos en partes aún más calientes de la instalación. Una infección en masa de organismos de este tipo puede ser exterminada solamente por medio de una meticulosa limpieza con detergentes y una desinfección con desinfectantes químicos apropiados; el vapor es ineficaz. Los termófilos formadores de esporas se desarrollan libremente bajo temperaturas muy superiores a las que son necesarias para la destrucción de los tipos ordinarios de bacterias vegetativas. Son muy interesantes y su importancia es debida principalmente al hecho de que el contenido de sus células continúa realizando sus funciones vitales bajo condiciones aparentemente imposibles. Por lo tanto, su composición y organización funcional debe ser esencialmente distinta de las de las otras bacterias. Se ha observado, por cierto, que su « tiempo de reproducción » es notablemente más corto que el de otros organismos. En un cultivo estático las diferentes fases — fase de retraso, fase de desarrollo logarítmico y la fase declinante y de muerte—son completadas en un reducido tiempo. El fenómeno del crecimiento a tales temperaturas es aún más de mencionar ya que las células vegetales mueren a temperaturas ligeramente superiores a la máxima para el crecimiento. En los cultivos de agar, los termófilos formadores de esporas de la leche son extraordinariamente sensibles a la luz. La luz débil de Marzo, después de atravesar un vidrio de la ventana, la cubierta del platillo de Petri del cultivo y el mismo agar donde se desarrollan los microorganismos, aún después de cortas exposiciones, causa una marcada reducción en el número que se reproduce en la incubación siguiente. Una exposición más prolongada puede llegar a esterilizar las placas completamente. Los cultivos de leche desecada (figura 1) muestran también que otros organismos que han sobrevivido a una temperatura elevada son

igualmente vulnerables a la luz. El mecanismo de este fenómeno es aún desconocido.

RESISTENCIA AL CALOR

La leche tal como viene de la ubre de una vaca saludable contiene solamente *Micrococci* y *Corynebacteria*, ya conjunta o separadamente, en números reducidos y estos tienen débil resistencia al calor. Tal leche puede esterilizarse por pasteurización. Sin embargo, la leche procedente de la ubre contiene generalmente una flora más variada formada de *Streptococci*, *Staphylococci*, *Micrococci* y *Corynebacteria*. Estos organismos junto con otros introducidos durante el muñido, constituyen la flora originalmente existente en número reducido en la leche bien producida. Todos ellos, a excepción de las *Corynebacterias* (de distinto tipo a las que se hallan en la leche obtenida en perfectas condiciones de asepsia) son fácilmente destruídos por el calor. Pero en la leche común envasada en grandes recipientes en la forma usual, es corriente hallar *Streptococci* y *Micrococci* muchos de los cuales son capaces de sobrevivir a la pasteurización. Estos organismos han adquirido su resistencia al calor durante su permanencia en superficies que no han sido limpiadas o esterilizadas perfectamente y su resistencia parece estar en relación con su previa historia. Es verdad que ciertos organismos vegetativos hallados en la leche, por ejemplo los tipos coliformes, son capaces, en número reducido, de sobrevivir a la pasteurización, pero una resistencia permanente al calor no es corriente para este tipo y está limitada a unas pocas células de la población total. Hay, no obstante, algunos organismos vegetales, tal como el *Microbacterium* saprofítico (*Corynebacterium*) frecuente en los aparatos sucios, el cual puede sobrevivir en la leche bajo una temperatura de 90° C durante 10 minutos.

LAS BACTERIAS DEL ACIDO LACTICO

Los llamados *Streptococci* lácteos, *Str. lactis* y *Str. cremosis*, son los principales causantes del agriamento de la leche a temperaturas ordinarias. Recientemente se ha demostrado que pertenecen a un grupo serológico del género *Streptococcus* que produce anticuerpos de un tipo que no reacciona con los antígenos de otros *Streptococci*. Por último, han sido claramente diferenciados de los *Str. faecalis*, comunmente hallados entre la flora de la excreta de muchos animales, y de los cuales muchos creían que eran meramente una variedad. Su crecimiento en la leche es tan rápido que generalmente son predominantes. El ácido láctico se produce por la fermentación de la lactosa hasta que su concentración es de 1%. Asimismo se forman pequeñas cantidades de subproductos tales como ácido acético y propiónico, acetil-metil-carbinol y el producto de su oxidación, diacetil (un compuesto aromático). Si el desarrollo es lento, tal como a temperaturas bajas o en las condiciones comparativamente adversas de algunos productos lácteos, la degradación del ácido láctico es incompleta y los compuestos intermedios forman la mayor parte de los productos de la fermentación. Al cesar la fermentación, la leche llega a tener una cierta resistencia contra el ataque por microorganismos que podrían vivir libremente bajo el *p*H normal de 6,6. Particularmente permanece libre de aquellos que atacan las proteínas produciendo compuestos de sabor desagradable tales como las peptonas.

LAS BACTERIAS EN LA PRODUCCION DEL QUESO

Sin las bacterias productoras de ácido láctico no podría haber queso. Cultivos de *Streptococci* del ácido láctico (utilizados como « levadura ») son añadidos a la leche y su desarrollo se ayuda manteniendo la temperatura a unos 28° C. Esto consigue el doble efecto de suprimir el desarrollo de los organismos indeseables y elevar el *p*H de la leche desde su valor normal a uno más favorable para la acción del fermento coagulante o cardo lechero. A menos que el estado físico del requesón resultante sea correcto, la masa del queso carecerá de homogeneidad, y no será suficientemente anaeróbica, después del moldeado, para poder evitar el desarrollo de aquellos organismos que atacan las proteínas. Antes de unos tres días de su manufactura, la lactosa del requesón está ya agotada y el desarrollo de los *Streptococci* cesa, aunque algunos sobreviven algún tiempo. Bajo las condiciones anaeróbicas favorecidas por medio de la presión y la contracción del requesón, los *Lactobacilli* presentes en la leche en reducido número empiezan a desarrollarse. Esto ocurre debido a que ellos pueden desarrollarse en un medio de reducido *p*H y de elevada concentración salina, una propiedad que no tienen otras muchas bacterias. Durante la maduración del queso por la influencia de los fermentos del cardo lechero y de los *Lactobacilli*, el *p*H del queso crece desde 5 hasta 5,4.

Si la levadura inicial no produce la acidez necesaria el queso será de pobre calidad y aun puede ser no comestible. La leche contiene generalmente pequeñas cantidades de organismos del género *Clostridium*. Estos son anaeróbicos, y los

tipos proteolíticos destruyen las moléculas de proteína con producción de ácido sulfhídrico y malolientes mercaptanes.

BACTERIOFAGIA

Diferentes causas influyen en que la levadura de los *Streptococci* no prospere. La más perniciosa es la bacteriofagia. Desde que ésta fué descubierta en 1915, la bacteriofagia ha sido estudiada a fondo, pero su origen y naturaleza siguen aún en duda. Parece ser ocasionada por un ente parecido a los virus que penetra la superficie de los antígenos de las células de las bacterias en desarrollo activo y es causa de su desintegración y muerte. La bacteriofagia es altamente específica — aunque no absolutamente tal — para determinados tipos de bacteria; esta propiedad se ha empleado para poder investigar, por ejemplo, el origen de los *Staphylococci* que infectan una masa. La «levadura» empleada en las fábricas de queso es generalmente producida en masa. Si ésta se infecta con partículas bacteriófagas, que están diseminadas en el aire por medio de los separadores del suero de la leche o son transportadas por el aire desde las tinas de queso o del desague de la fábrica, entonces los *Streptococci* pueden ser destruídos y la levadura resulta inútil para la producción de ácido en la leche. Además, los resíduos de suero en una tina de leche en la cual la concentración de bacteriófagos ha sido insuficiente para detener el desarrollo de la acidez mínima necesaria, pueden ocasionar una inoculación de tal concentración que impida el desarrollo de la acidez en la leche — subsiguientemente vertida en la tina.

Debido a su actuación altamente específica, si el bacteriófago del *Streptococci* de la levadura es conocido, el cultivo existente puede ser reemplazado por otro de diferente bacteriófago, y cualquier dificultad queda así eliminada. Esta solución es, sin embargo, sólo temporal generalmente, y hay que ejercer una vigilancia constante. La mayoría de los cultivos, después de un ataque bacteriófago vuelven a iniciar su desarrollo prontamente, debido a la presencia de ciertas células que son resistentes a la penetración de las partículas bacteriófagas; pero por otras razones distintas no son útiles como levadura.

SUBSTANCIAS ANTIBIOTICAS

La bacteriofagia no es la única dificultad que se encuentra en el desarrollo de la levadura. Si los utensilios lecheros, tales como las máquinas, ordeñadoras, no son limpiados cuidadosamente puede aparecer una flora especial de *Str. lactis* de un tipo peculiar e infectar así a la leche. Estos *Streptococci* son productores de ácido, pero igualmente dan lugar a una potente substancia inhibitoria que evita el desarrollo de los organismos de la levadura, lo que dificulta y a veces imposibilita la obtención del queso. Sólo un 3% de leche que contenga organismos inhibitorios es capaz de detener el desarrollo de la levadura en la tina del queso. Esta substancia inhibitoria está siendo estudiada actualmente. Se ha observado que proteje a las ratas contra dosis elevadas de *Streptococci* virulentos, y que impide el desarrollo de muchos tipos de *Streptococci* de origen humano o animal, *Clostridium*, *Corynebacteria* y algunas especies de *Bacillus*. Su propiedad más interesante es, sin embargo, su poder inhibitorio *in vitro* contra bacilos de tuberculosis humana y bovina (figura 2).

ACCION CONSERVADORA

En el laboratorio de Reading fué demostrado por primera vez que la luz ejerce una fuerte acción catalítica en la oxidación de la vitamina C (ácido ascórbico) de la leche. Se observó igualmente que si el desarrollo de las bacterias, especialmente de los tipos inofensivos productores de ácidos es rápido, aquella oxidación se hace difícil y bajo determinadas condiciones puede quedar completamente detenida. Así puede ocurrir que la leche agria, que el productor intenta evitar a toda costa, contenga una mayor cantidad de ácido ascórbico que la leche de la mejor calidad. Por más que la cantidad de ácido ascórbico en la leche corriente es relativamente pequeña, constituye sin embargo una notable proporción del total ingerido.

En los aparatos de la industria lechera, especialmente en los refrigeradores de leche, se emplea generalmente la plancha de cobre estañada, debido a su fácil manipulación y elevada conductividad calorífica. El cobre es soluble en la leche y aún en cantidades muy reducidas actúa como un catalítico oxidante y produce una rápida oxidación de los ácidos grasos no saturados de la leche con la formación de compuestos de sabor desagradable, como por ejemplo en la leche de «sabor de aceite». Esto ocurre principalmente con la leche que contiene pocas bacterias y en tiempo frío cuando el desarrollo de las bacterias es lento. En épocas de calor, que acelera el desarrollo de las bacterias, el poder reductor de éstas puede ser suficiente para evitar la oxidación catalítica producida por el cobre. Las superficies de cobre representan por lo tanto un peligro potencial, y por ello debe evitarse su empleo en la industria lechera.

Un ciclo en la anatomía de los helechos

C. W. WARDLAW

El descubrimiento de que el crecimiento de las plantas, en su vasta mayoría, se desarrolla desde un punto apical de crecimiento fué realizado hace poco más de un siglo. Dicho descubrimiento arrojó luz sobre el proceso de desarrollo de las plantas, y ha tenido especial importancia para el estudio de los procesos evolutivos. El Profesor Wardlaw nos presenta aquí una relación del desarrollo de dichos aspectos de la morfología vegetal, con especial referencia a los helechos, y de las ideas contemporáneas sobre tal materia.

Los botánicos de la última parte del siglo pasado, influídos por las seductoras ideas de Goethe y de los filósofos naturistas, se preocuparon principalmente con problemas especulativos. Los estudios experimentales se hallaban por lo general relegados, y en numerosas universidades la ciencia anatómica vegetal, y el desarrollo de la técnica microscópica, no obstante el impulso inicial dado por los primeros experimentadores, permanecían estáticos o inexistentes. Tal estado de cosas continuó hasta hace poco más de cien años cuando Schleiden comenzó a predicar con ardor una nueva doctrina: que el verdadero camino hacia el descubrimiento de la verdad se hallaba en el estudio del desarrollo. A esto siguió un período de remarcable adelanto: Von Mohl resuscitó los estudios anatómicos, mientras que Naegeli, inquiriendo acerca de la manera en que se forman las células — las unidades de la construcción vegetal — durante el crecimiento de los órganos vegetativos, fundó y desarrolló la teoría de la formación celular. Pudo mostrar, en particular, la semejanza existente entre los procesos en las criptógamas inferiores, tales como las Algas, y en las plantas vasculares: polipodios y plantas de flor. Y fué así posible dar una explicación coherente del desarrollo de los tejidos y órganos a partir del huevo fertilizado o cigote hasta el adulto multicelular de forma y estructura complicadas. Según Naegeli, la historia de dicho desarrollo no debía ser considerada únicamente como uno de los múltiples modos de investigación de la forma vegetal, sino que debía identificarse con la investigación de la naturaleza orgánica. Pasó del estudio de los organismos simples, tales como las Algas, a los tipos más complejos de organización: helechos y plantas de flor, refiriendo en dichos estudios la iniciación de los órganos y su subsiguiente desarrollo a la formación celular durante el crecimiento en los puntos apicales del mismo. Tales observaciones fueron ampliadas por Wilhelm Hofmeister y otros, en particular en lo que se refiere a las criptógamas superiores.

Animado por los escritos de Schleiden, Wilhelm Hofmeister se dedicó al estudio de lo que había sido hasta entonces terreno inexplorado, esto es, la reproducción y embriología de los Briofitos (musgos y hepáticas) y Pteridofitos (helechos, licópodos y belchos) con estudios paralelos de las plantas de semilla. Produjo en realidad una ontogenia o « historia de la vida » de dichas plantas, pudiendo enunciar en 1851, como resultado de tal acumulación de conocimientos, una generalización de máxima importancia, a saber: que los musgos, hepáticas, helechos y sus aliados, gimnospermas y angiospermas, poseen un común ciclo vital, que se caracteriza por idénticos acontecimientos críticos y fases de desarrollo, y por una repetida alternación de generaciones. Este trabajo, aumentado y publicado en inglés (1862) con el título de *Higher Cryptogamia*, es un jalón importantísimo en el desarrollo de la ciencia botánica. Reproducimos aquí, como ejemplo de la exactitud y cuidado del detalle de Hofmeister, una de las páginas de la anatomía de los helechos de *Higher Cryptogamia* (figura 1). No faltaban tampoco otros contemporáneos suyos de cierta brillantez en el mismo campo; entre ellos merece especial atención por sus estudios de la anatomía vascular de los helechos Stenzel, cuyas reconstrucciones se encuentran entre las mejores que se han producido jamás (figura 2).

Aunque Hofmeister tenía ante sí un campo vastísimo y virgen, lleno de tesoros y sorpresas para el anatomista entusiasta, su obra no es meramente descriptiva. Dotado de una mente inquisitiva y científica, no le bastaba la simple observación de que durante el desarrollo de una determinada especie se produjese una sucesión regular de cambios característicos de forma y estructura, sino que se preguntaba de continuo: ¿Cómo se llegó a producir la forma observada? ¿Con qué

procesos de crecimiento pueden relacionarse los desarrollos estructurales observados? ¿Qué factores internos y externos determinan la organización estructural de la especie? La substancia de tales investigaciones se halla contenida en su *General Morphology of Growing Things*, de 1868. En suma, Hofmeister trató de aplicar los principios mecánico-físicos para la explicación del desarrollo de la forma y estructura de las plantas, y, añadido esto a los datos derivados de los experimentos fisiológicos, deducir conceptos generales.

En 1859 publicó Darwin su *Origin of Species*; y durante el período que siguió a la enunciación de la Teoría de la Descendencia, todos los detalles de la estructura vegetal, lo mismo que todos los datos que se podían derivar del estudio de los fósiles, eran considerados ante todo como elementos útiles para los estudios comparativos y para la construcción de sistemas filogenéticos; o séase para la reconstrucción de un « árbol de descendencia » o « tabla genealógica ». Existía, en resumen, una marcadísima tendencia opuesta a la dirección causal que había caracterizado los estudios últimos de Hofmeister. Ya no se trataba de preguntarse « ¿Cómo se produce la forma observada, considerando los factores nutricional, temporal, espacial y mecánico? », sino « ¿Qué relación de familia, si la hay, indica la forma observada; y cómo puede aplicarse este dato para trazar el curso de la evolución durante la descendencia? » La morfología general o causal de Hofmeister iba quedando desplazada por la morfología especial o comparada de los investigadores de la evolución. Ahora bien, es evidente que no puede existir un estudio de la interpretación de la evolución vegetal o animal sin que se haya de recurrir a la morfología comparada. La prueba de la evolución se manifiesta en el cambio de las formas y estructura de las plantas durante el paso de las edades geológicas y en la diversidad de forma y estructura de las plantas vivas. Como resultado de los estudios realizados con un interés filético, nuestro conocimiento del alcance de la estructura vegetal se amplió considerablemente. Un nuevo reino, evidentemente digno de exploración, se abría ante el investigador de la morfología comparada; y en especial se encontró que los helechos y sus aliados, cuyos progenitores existían ya durante los períodos del Alto Silúrico y Devoniano primero, eran buena materia bruta, mucho mejor que la que ofrecían las demás plantas, para el estudio de la evolución. La anatomía vegetal, provista ahora de una tesis de integración de las más extraordinarias posibilidades e interés, se convertía ahora en estudio capital; y en particular recibieron especial atención los siguientes temas: los puntos apicales de crecimiento, los sistemas vasculares y conductores, los miembros productores de esporas y el desarrollo embriológico. En todos estos estudios tomaron los botánicos británicos parte importantísima. Se comprobaron los módulos de comparación basados en los datos suministrados por los organismos vivos confrontándolos con los datos tomados de los fósiles relacionados con aquéllos; diseñándose poco a poco un cuadro coherente, aunque especulativo y por necesidad incompleto, de la evolución de las plantas terrestres.

Pasaron varias decenas de años antes de que los métodos y conclusiones establecidas por los morfólogos filéticos fueran atacadas. Pero las dudas comenzaron a acumularse gradualmente. Una mala característica del período filético era que la morfología y la fisiología vegetales se estudiaban como dos diciplinas separadas; además los morfologistas y anatomistas tendían a hacer uso de ciertas « explicaciones » seudofisiológicas y fáciles de las funciones y valor adaptativo de los tejidos y órganos, asunciones éstas que no estaban comprobadas experimentalmente. Más tarde surgieron nuevas dificultades. Hasta entonces la similaridad de forma o estructura se había considerado tácitamente como una indicación de afinidad genética o parentesco de sangre, es decir, que los organismos emparentados tenían la misma forma y estructura fundamental, aunque sujetas a diferencias específicas y genéricas. Pero al extenderse el campo de la investigación anatómica se pudo comprobar que podían darse los mismos rasgos estructurales en plantas que, a juzgar por otro criterio, no estaban relacionadas entre sí. En suma, se hizo evidente que en el reino vegetal era muy común el desarrollo paralelo, u *homoplástico*. Esto condujo a la creencia de que en vez de existir únicamente un árbol familiar o una línea de descendencia, como habían supuesto generalmente los biólogos del período de Darwin, era muy probable que hubiera habido diversas líneas de descendencia paralelas, partiendo de los antepasados primitivos. El árbol genealógico se había convertido en un matorral. Y más tarde los ultratimoratos y pesimistas afirmaron que había quedado reducido a un haz de leña; que las tablas genealógicas eran una « ilusión óptica » y la búsqueda de antepasados comunes un esfuerzo inútil. Aún tendía otra consideración a debilitar más todavía los resultados de los estudios comparativos; se trataba de la admisión del hecho de que los cambios de configuración sufridos por un

FIG
dico
Uti
mac
long
las
raiz

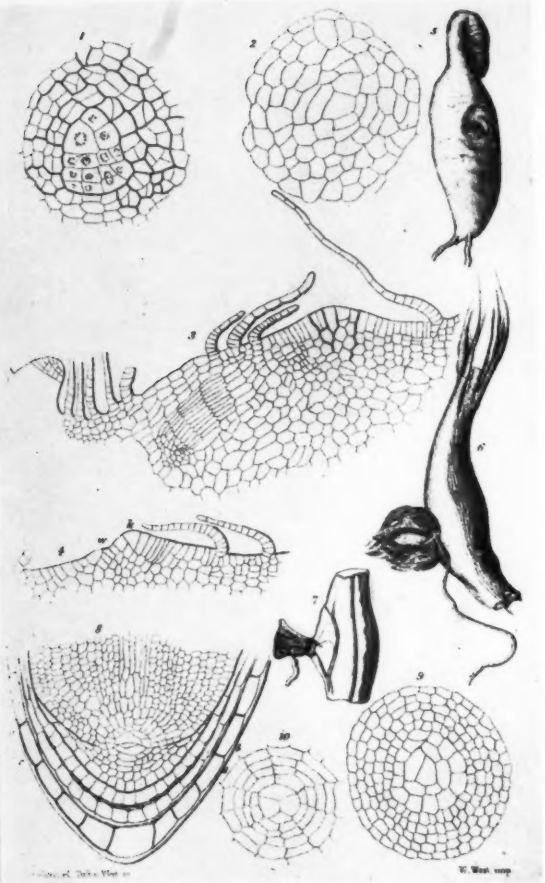


FIGURA 1 – *Reproducción de una plancha de anatomía polipódica de la obra de Hofmeister* Higher Cryptogamia, 1862. *Utiliza el* Dryopteris filix-mas *como ejemplo de Helecho macho.* 1 *y* 2: *vista invertida del ápice del tallo;* 3 *y* 4: *secciones longitudinales medianas del ápice del tallo;* 5, 6 *y* 7: *detalles de las yemas laterales;* 8: *sección longitudinal del extremo de la raíz;* 8 *y* 10: *secciones radiales del mismo.*

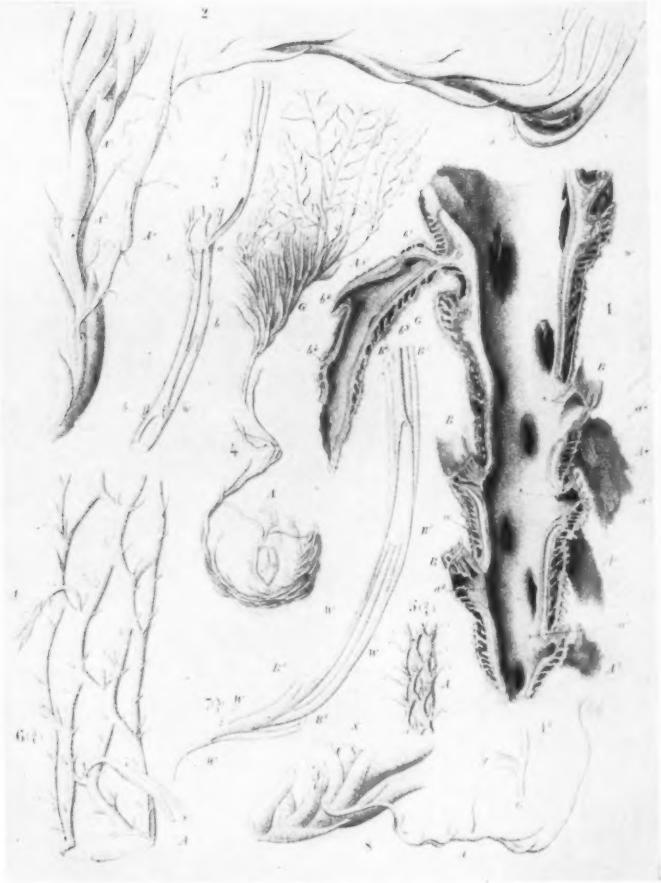


FIGURA 2 – *Reproducción de una plancha de anatomía del helecho tomada de una monografía de Stenzel de* 1861; *muestra los tallos, rizomas y la disección del sistema vascular conductor de un número de helechos.*

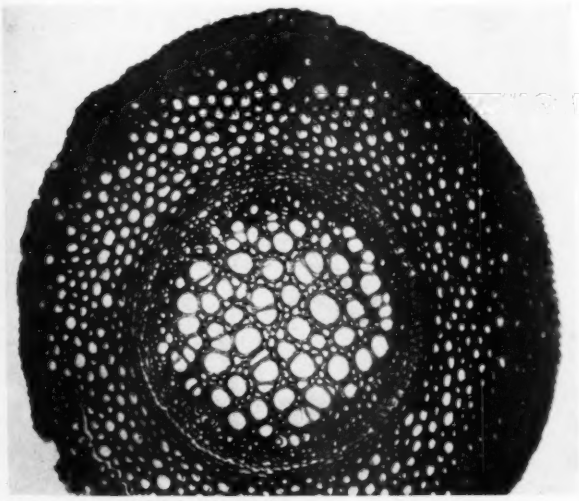


FIGURA 3 – Gleichenia dichotoma. *Sección transversal de un rizoma mostrando el sistema vascular protostélico* (70 *aumentos*).

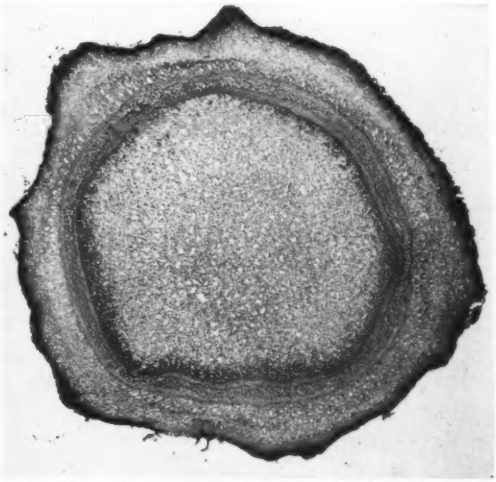


FIGURA 4 – Dryopteris aristata. *Sección radial de un tallo. El sistema vascular solenostélico ha quedado alterado mediante la extirpación sistemática de todos los embriones de las hojas* (7 *aumentos*). (*Figuras* 3 *y* 4, *fotos de E. Ashby.*)

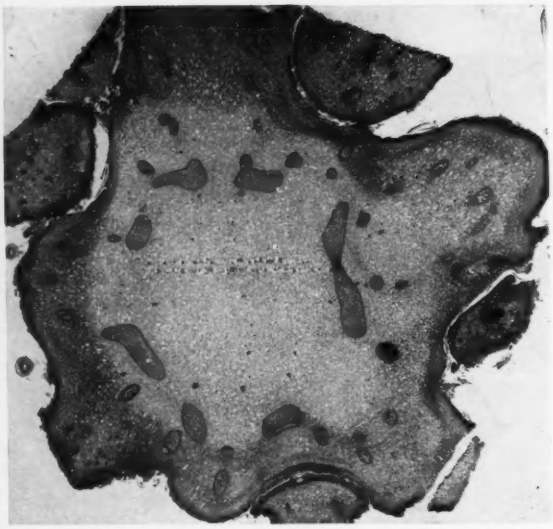


FIGURA 5 – Dryopteris aristata. *Sección radial del mismo tallo de la Fig. 4 pero más bajo en la región normal; muestra un sistema vascular dictiostélico: ramales vasculares separados formando conjuntamente un conducto* (5,25 *aumentos*).

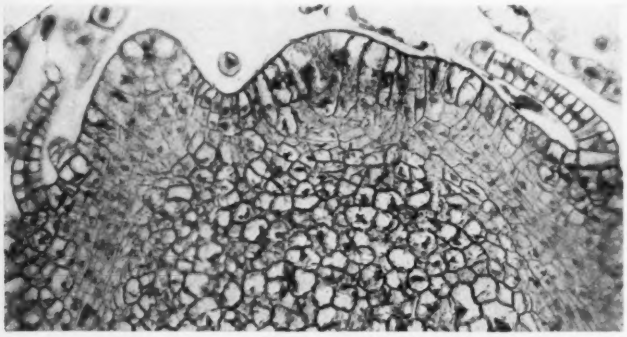


FIGURA 6 – Dryopteris aristata. *Sección longitudinal mediana de un ápice del tallo, mostrando el meristema apical en el que resalta la célula apical; se ve también un embrión fólico (a la izquierda), escamas (a izquierda y derecha) y el incipiente tejido vascular que se origina inmediatamente debajo del meristema apical* (126 *aumentos*).

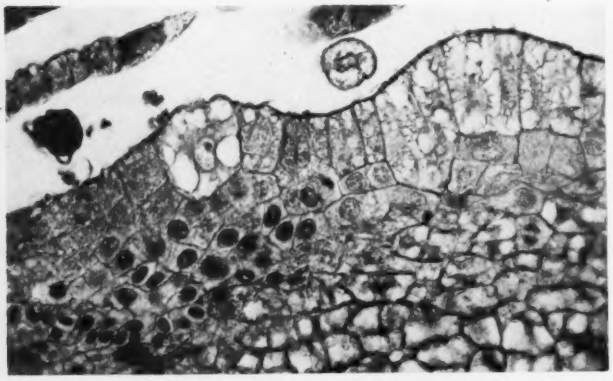


FIGURA 7 – Dryopteris aristata. *Sección longitudinal de parte del ápice del tallo mostrando las características células meristemáticas. La célula superficial que resalta a la izquierda es un embrión fólico* (240 *aumentos*).

FIGURA 8 – Dryopteris aristata. *Sección longitudinal media de un embrión fólico en un estado de muy temprano desarrollo* (3 *aumentos*).

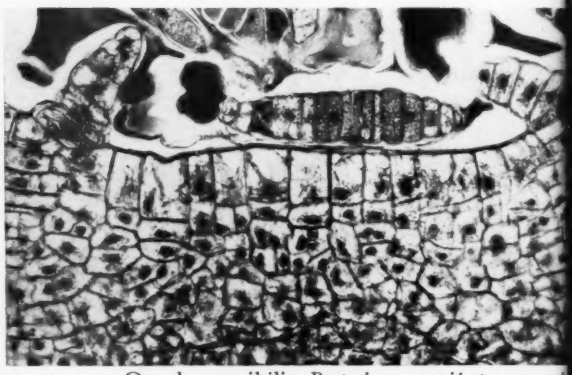


FIGURA 9 – Onoclea sensibilis. *Parte de una sección transversal un rizoma mostrando un embrión de yema, o meristema separado, escamas protectoras en forma de tejadillo* (225 *aumentos*).

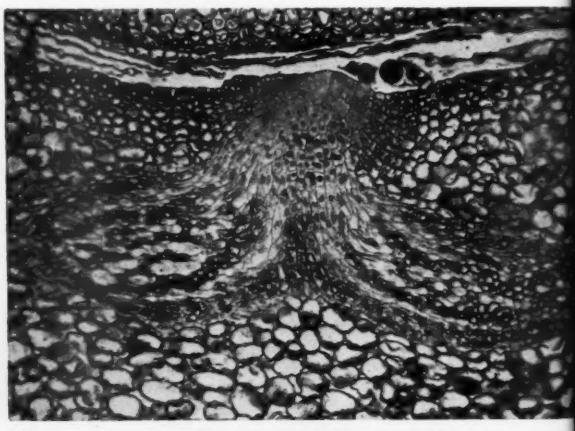


FIGURA 10 – Matteuccia struthiopteris (*Helecho avestru Parte de una sección transversal de un tallo erecto mostrando meristema separado que está desarrollándose en una yema later El sistema vascular de la yema ha confluído con dos ramales vascula unidos del rizoma* (90 *aumentos*). (*Las figuras 5 a 10 son fotos de E. As*

órgano o un tejido, el sistema vascular, por ejemplo, durante su desarrollo podían ser referidos, en vez de a factores intrínsecos, a otros extrínsecos, tales como el aumento de tamaño o la incidencia de factores mecánicos. Vemos en esto una vuelta a la actitud de Hofmeister. Los helechos nos ofrecen un buen ejemplo. Se mantuvo, durante el período filético, que era característico de las formas primitivas un sistema vascular o estele, llamado protostele, que consistía en una médula de fibra xiloide rodeada de parenquima, y que se da en los helechos primitivos fósiles y también en helechos vivos de tipo muy primitivo (figura 3); también aparece en los primeros estadios del desarrollo de otros helechos considerados más avanzados. Otro tipo de sistema vascular, denominado solenostele, que consiste de un cilindro de fibra xiloide, con parenquima externo e interno y una médula central (figura 4), se consideraba como un tipo posterior y derivado, presentándose por lo general en helechos a los que se atribuye una posición intermedia en la escala del sistema. Tenemos otro desarrollo vascular, el dictiostele (figura 5), en el que el vaso cilíndrico central está perforado por anchos orificios parinquematosos de modo que el tejido vascular consiste en realidad de una especie de red o rejilla. El dictiostele, característico de los helechos más avanzados y modernos, está precedido en el desarrollo individual por estadios protostélicos y solenostélicos. Ahora bien, durante el período filético los datos de la morfología vascular parecían probar una hipótesis coherente y substancial, a saber: que la estructura vascular ofrecía uno de los módulos más útiles para la comparación, tanto más cuanto que se creía que los tejidos vasculares eran los menos sujetos a cambio entre todos los que se podían observar en una planta. Pero en 1921 se inició un nuevo punto de vista al probar Bower, por medio de un amplio estudio de los sistemas vasculares de los Pteridofitos, que la complicación de la forma era parelela con el aumento en tamaño, incluyéndose causalmente de una manera o de otra los factores fisiológicos y mecánicos. Esta observación necesariamente presupone el concepto de que como las características estructurales pueden explicarse por medio de factores causales, tales como el tamaño, dichas características pierden todo valor como módulos de comparación y como prueba del cambio progresivo durante la evolución.

Cuando una puerta se cierra, otra se abre. Cuando comenzó a disminuir el interés en los estudios comparativos se empezó también a admitir que aunque poseyesemos completa la historia filética de las plantas, los problemas de la morfología causal, esto es: la investigación de los factores relacionados con la aparición y desarrollo de las formas, permanecerían sin solver, y eran estos problemas, según había comprendido Hofmeister, la verdadera esencia de la investigación biológica. Esta es, en efecto, la posición de hoy día: sabemos que tenemos muy escasos conocimientos de los factores que influyen sobre el desarrollo de la forma y estructura vegetales, y sobre dichos datos basaron los estudiantes de morfología comparada todas sus generalizaciones.

Los últimos treinta años han presenciado una marcada tendencia por parte de los botánicos para alejarse de los estudios de pura comparación, aproximándose más a los problemas de los procesos de desarrollo. En dicho estudio ha tenido la Fisiología un lugar importante, pero debiera también considerarse no sólo el conjunto de factores que influyen en el desarrollo de la forma y estructura del individuo, sino también el desarrollo mismo en un sentido más ampliamente evolutivo, y de las fuerzas impulsoras que lo producen. En este problema tienen su lugar propio la Anatomía y la Morfología experimental de las plantas. Y los helechos, debido a la simplicidad de sus características estructurales, son considerados como material muy apto para las investigaciones.

La posición actual puede resumirse así: en las plantas vasculares es el ápice embriónico el asiento de todas las actividades formativas primarias; todos los apéndices laterales, tales como hojas, escamas y yemas (con la excepción de las adventicias) se originan en el ápice o cerca de él, sucediendo lo mismo con todos los sistemas de tejidos primarios. Así, si queremos comprender la razón de la forma externa y de la estructura interna de cualquier planta vascular, tendremos que investigar, con todos los medios a nuestro alcance, los procesos formativos (o morfogénicos) que tienen lugar en el ápice a lo largo de la vida del individuo. Y regresamos de este modo, en un plano más elevado, a un sistema de trabajo que no se diferencia mucho del que predominaba hace unos cien años. Los estudios contemporáneos tienen un carácter dinámico. En particular, los helechos han demostrado poseer gran valía para esta clase de trabajos debido a que no sólo poseen un meristema apical muy claro y característico acompañado, por lo general, de una célula apical bien observable (figuras 6 y 7), sino que también en ciertos helechos como el *Dryopteris filix-mas* y el

D. aristata el rudimento primordial de la hoja individual surge de una célula meristemática simple (figuras 7 y 8). Además, el incipiente tejido vascular puede verse relacionado con una región inmediatamente bajo el meristema apical, lo que ha dado origen a la hipótesis de que la diferenciación del tejido vascular puede deberse a la difusión de una substancia o substancias de las células meristemáticas activas (figura 6).

Como sucede en las plantas de flor, las yemas laterales de los helechos son inhibidas por substancias que se derivan del ápice embriónico en activo proceso de crecimiento: la destrucción de dicho ápice va seguida de un crecimiento más o menos rápido de las yemas laterales. Según la proximidad de éstas respecto de aquél, el tejido vascular de la primera se halla más o menos en completa conjunción con el del tallo paterno (figura 10) y en el caso de las regiones más desarrolladas puede no efectuarse conjunción alguna. Respecto del origen de las yemas se plantea el problema de la posible relación, si la hay, entre éstas y el meristema apical. Recientes investigaciones en los helechos han confirmado un descubrimiento anterior de que existe una unidad de origen del tejido meristemático, o sea del tejido formativo, en toda la planta; en otras palabras, que cada yema embrionaria, consistente de células meristemáticas superficiales, forma parte originariamente del meristema apical del tallo, pero se separa durante el proceso de crecimiento. Tales yemas, o embriones, que han sido descritos como meristemas separados (figura 9), tienen la tendencia de producirse y persistir en ciertas posiciones a lo largo del tallo, creciendo en forma de ramificaciones laterales al suspenderse el predominio fisiológico del meristema terminal.

Se producen, en gran número de helechos, ciertas brechas parinquematosas de forma típica en el vaso circulatorio opuestas a la base de los peciolos. Se ha « explicado » el típico diostele así producido de muchas maneras, siendo también, como ya hemos visto, utilizado en los estudios comparativos. La importancia relativa del eje o tallo y de la hoja en lo que se refiere a su respectiva contribución al sistema vascular ha sido también objeto de grandes discusiones. Se ha afirmado, por ejemplo, que el sistema vascular del tallo está formado por los ramales vasculares decurrentes de las hojas, estos es, que los esteles o vasos centrales no tienen un verdadero origen axial. Podemos comprobar experimentalmente que existe una relación directa entre el desarrollo de las hojas y la morfología interna del tallo, y también que en los helechos se da un estele verdaderamente axial. Se ha podido mostrar que si se destruyen sucesivamente varias hojitas en estado semiembrionario en un ejemplar *Dryopteris*, la formación de las brechas parinquematosas correspondientes a las bases de los peciolos no se produce, con lo que se altera el desarrollo del sistema vascular del tallo, produciéndose un solenostele en vez del dictiostele común en los tallos normales.

Se ve bien claro que la región de crecimiento presenta también al fisiólogo un sinnúmero de problemas del mayor interés e importancia. Esta región es, por excelencia, el asiento de la formación protoplasmática, y, por lo tanto, de la síntesis de las proteínas. De ella se derivan substancias tales como las auxinas, que producen importantes efectos en otras regiones de la planta. Y así resulta también interesante para el bioquímico. Para una investigación adecuada de la diminuta e importantísima región formativa es preciso crear nuevos métodos de gran delicadeza, pero la importancia de los datos que han de obtenerse, al integrarse con los del estudiante de morfología, avanzará nuestro conocimiento de los procesos de desarrollo, haciéndolo más completo y coherente. Debemos también referirnos a otro aspecto: la relación entre los genes y el proceso de desarrollo sólo comienza ahora a despertar la atención que tanto merece; de momento se conoce muy poco acerca de la expresión fisiológica de un gene: de la manera, el lugar y el instante en que ejerce su influencia. Los resultados de ésta se manifiestan en múltiples casos, pero no en todos, en las características formales y estructurales durante el desarrollo. Y en este terreno podemos de nuevo anticipar que la integración de los resultados de ambas ciencias, Genética y Morfología, producirá importantes adelantos.

Este breve estudio servirá de indicación del interés y amplitud de la Morfología experimental. Es evidente que sus resultados, cuando se completen con los de las otras ramas de la Botánica, tendrán una doble importancia. Deberán por un lado suministrarnos la solución, aunque sólo sea parcial, de los problemas planteados por Hofmeister hace unos ochenta años; por otro, han de preparar el camino para un reexamen crítico de lo que debe ser siempre uno de los problemas centrales y fundamentales de la Biología: la descendencia y los procesos evolutivos.

El metabolismo de la hormona estrogénica

G. F. MARRIAN

Una característica de los trabajos recientes de investigación sobre hormonas estrogénicas es el interés creciente en los estudios de los cambios que estas hormonas sufren en el organismo. Estos estudios marcan un primer paso en el conocimiento y comprensión de las reacciones que tienen lugar cuando estas substancias producen su acción fisiológica. En este artículo el Dr. Marrian presenta una revista del conocimiento actual en este campo de Química biológica.

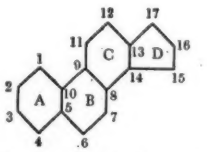
INTRODUCCION

El crecimiento del útero y de la vagina de las hembras, que tiene lugar durante la pubertad, y los cambios característicos de estos órganos sexuales accesorios que ocurren durante el cebo u oestro se deben a un principio activo que es segregado por el ovario a la sangre. Si se elimina la acción de esta « hormona estrogénica » extirpando ambos ovarios, los órganos sexuales secundarios se atrofian rápidamente y no muestran los cambios típicos del oestro. Sin embargo, es posible producir artificialmente estos cambios en animales ovariectomizados inyectándoles un extracto de los tejidos del ovario preparado de una manera adecuada.

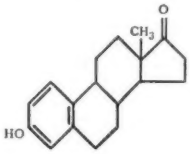
Se han aislado de los tejidos del ovario dos substancias estrogénicas de constitución parecida, la estrona (I) y el α-estradiol (II). Por tener el esqueleto de átomos de carbono del 1,2-*ciclo*-penteno fenantreno se los clasifica entre los esteroides. Una cantidad tan pequeñísima como es $\frac{1}{200000}$ mg. de α-estradiol inyectada subcutáneamente es suficiente para producir los cambios típicos del cebo en la vagina de un ratón ovariectomizado. Como la estrona es algo menos activa que el α-estradiol en producir el oestro vaginal en animales ovariectomizados se considera generalmente a este último como la verdadera hormona estrogénica.

Las mujeres y las yeguas embarazadas segregan grandes cantidades de substancias estrogénicas en la orina. La estructura de varias de estas substancias estrogénicas aisladas de la orina se determinó algunos años antes de que se aislasen las substancias estrogénicas del ovario. En la orina de las embarazadas, además de estrona y α-estradiol, hay una tercera substancia estrogénica, el estriol (III). Esta tercera substancia es mucho más abundante que las dos mencionadas previamente, pero es mucho menos potente en producir el oestro vaginal en animales ovariectomizados.

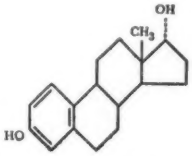
Además de estrona y α-estradiol se han aislado el isómero C^{17} de este último, β-estradiol (IV), equilina (V), equilenina (VL) y 17-dihidro-equilenina (VII). Es interesante hacer notar que hasta ahora no se ha aislado estriol en la orina de las yeguas, ni equilina, equilenina o 17-dihidro-equilenina en la de las mujeres embarazadas.



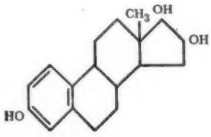
Esqueleto carbónico de los esteroides



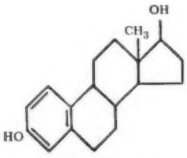
(I) *estrona*



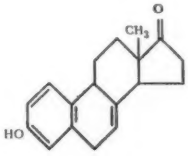
(II) *α-estradiol*



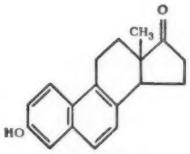
(III) *estriol*



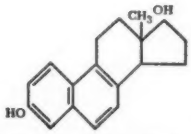
(IV) *β-estradiol*



(V) *equilina*



(VI) *equilenina*



(VII) *17-dihidro-equilenina*

Es probable que estas substancias estrogénicas que se eliminan en cantidades tan grandes en la orina durante el embarazo se formen en la placenta más bien que en los ovarios. Los datos que apoyan este punto de vista son en breve: (i) que en las mujeres y en las yeguas la cantidad de materiales estrogénicos eliminados en la orina disminuye rápidamente despues de la parturición; (ii) se ha visto que en las mujeres que han sufrido ovariectomía quirúrgica doble durante el embarazo el nivel de la excreción de materiales estrogénicos permanece alto a pesar de la ausencia de los ovarios; (iii) las mismas tres substancias estrogénicas que se encuentran en la orina humana durante el embarazo — estrona, α-estradiol y estriol—se han aislado también en la placenta humana.

La investigación de estas substancias estrogénicas ha entrado en estos últimos años en una fase bioquímica en la que se ha estudiado las reacciones que sufren estas substancias en el cuerpo animal. El objeto final de las investigaciones bioquímicas es el aclarar la naturaleza de las reacciones químicas que tienen lugar cuando estas substancias ejercen su acción fisiológica.

SUBSTANCIAS ESTROGENICAS CONJUGADAS DE LA SANGRE Y LA ORINA

Varios investigadores observaron al principio de las investigaciones sobre los materiales estrogénicos que el rendimiento de las substancias activas que se pueden extraer con disolventes orgánicos inmiscibles con agua aumenta mucho si se hierve la orina con ácido. De estas observaciones se dedujo que una proporción considerable de las substancias estrogénicas de la orina de mujeres y yeguas embarazadas, no está en forma libre, sino en una combinación que las hace más solubles en agua y menos solubles en disolventes orgánicos.

Se han aislado y caracterizado hasta ahora dos de estas substancias estrogénicas conjugadas. En 1936 Cohen y Marrian aislaron un monoglucuronuro de estriol a partir de orina de mujer embarazada y demostraron subsecuentemente que el ácido glucurónico está unido por medio de un enlace glucosídico al grupo hidroxilo en C_{16} o al en C_{17} del estriol. Schacter y Marrian (1936) demostraron que en la orina de yegua las substancias estrogénicas se encuentran principalmente en forma de ésteres sulfúricos, y subsecuentemente (1938) fueron capaces de aislar una pequeña cantidad de la sal de potasio del éster sulfúrico de estrona. Los trabajos de Butenandt y Hofstetter (1939) muestran que en la orina de las mujeres embarazadas la estrona se encuentra también en forma de éster sulfúrico. Por ahora no hay prueba de que el estriol se encuentre en la naturaleza en forma de un éster del ácido sulfúrico ni que la estrona aparezca en forma de glucuronuro.

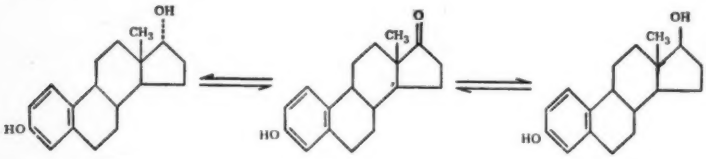
La presencia de las substancias estrogénicas conjugadas no está limitada a la orina. La placenta humana contiene una forma soluble de un derivado conjugado del estriol (Collip *et al.* 1934). Aunque hasta ahora este derivado conjugado no ha sido aislado en forma pura, puede que sea un monoglucuronuro del estriol idéntico al que se encuentra en la orina de las mujeres embarazadas. Mühlbock (1937, 1939) demostró que la cantidad de material estrogénico que se puede extraer con disolventes de grasas inmiscibles con agua de la sangre de yeguas y de mujeres embarazadas se puede aumentar hirviendo la sangre con ácido. La presencia en la sangre de conjugados solubles en agua de substancias estrogénicas ha sido confirmada recientemente por Rakoff *et al.* (1943). Estos autores han dado datos, que no parecen completamente decisivos, de que los materiales estrogénicos de la sangre tal vez estén unidos a las proteínas del suero. Como las substancias estrogénicas conjugadas de la sangre son claramente la forma de « transporte » de la hormona, su aislamiento en forma pura y su caracterización química son problemas de gran importancia.

LA INTERCONVERSION DE ESTRONA Y LOS ESTRADIOLES EN EL CUERPO ANIMAL

La aparición de dos estradioles isoméricos conjuntamente con la estrona en la orina de las yeguas embarazadas hace pensar que los dos estradioles se originan por reducción del grupo cetónico de la estrona. Hay prueba directa de que esta reducción tiene lugar en los seres vivos. Stroud (1939) ha aislado el β-estradiol de la orina de conejos a los que se había administrado estrona, y Pearlman y Pincus (1942) han descubierto la presencia de α-estradiol en la orina de hombres después de habérseles dado estrona.

Los experimentos de Heard y sus colaboradores (1941) han producido pruebas no sólo de la reducción de la estrona en el cuerpo, sino también de la oxidación del estradiol a estrona. De la orina de hombres y de conejos a quienes se había administrado α-estradiol, pudieron aislar estrona en el primer caso y estrona y β-estradiol en el segundo. Los experimentos de Heard con conejos han sido confirmados por Fish y Dorfman (1942).

Hay por lo tanto buenas razones para pensar que los dos estradioles y la estrona son en cierta medida interconvertibles en el cuerpo de los animales como se muestra en el esquema siguiente:



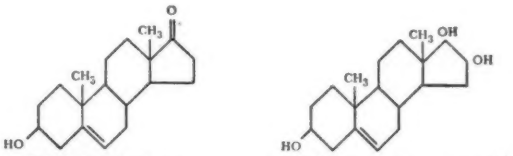
α-estradiol *estrona* *β-estradiol*

LA CONVERSION DE LA ESTRONA EN ESTRIOL

En 1937 Pincus y Zahl dijeron que habían demostrado la presencia de estriol en la orina de conejos a los que se había administrado estrona. Sin embargo, en estos experimentos la existencia del estriol se dedujo de una reacción de color y no fué confirmada por el aislamiento y caracterización de la substancia pura. Más recientemente Heard y sus colaboradores (1941) y Fish y Dorfman no han podido aislar estriol de la orina de conejos ni de cobayos despues de darles estrona.

Sin embargo, hay buenas razones para pensar que en el hombre la estrona se puede convertir en estriol. Pearlman y Pincus (1942) aislaron y caracterizaron satisfactoriamente una pequeña cantidad de estriol de la orina de un hombre joven al que se le administró una gran cantidad de estrona. No es una consecuencia necesaria que el estriol que se encuentra en la orina de las mujeres embarazades se haya formado en el cuerpo a partir de estrona o α-estradiol y que sea simplemente un producto final del metabolismo de las substancias estrogénicas. Es por lo menos posible que el estriol se pueda sintetizar directamente en la placenta humana y que tenga durante el embarazo funciones específicas de las que no sabemos nada.

Parece posible que además de la estrona, otras 17-cetoesteroides se puedan transformar en el cuerpo en esteroides con hidróxilos en las posiciones 16 y 17. Hirschmann (1943) ha aislado recientemente de la orina de un chico con un tumor en las glándulas suprarrenales un esteroide de la serie de las hormonas sexuales masculinas con hidróxilos en 3, 16 y 17. Es una hipótesis muy atractiva que este Δ^5-androsteno-3, 16, 17-triol pueda estar en la misma relación, tanto química como biológica respecto a la dehidroisoandrosterona[1] como está el estriol a la estrona. Sin embargo, hasta que se haya demostrado que las configuraciones estéricas de los grupos hidroxílicos en C_{16} en C_{17} son las mismas en el androstenotriol y en estriol y hasta que se haya demostrado de una manera definitiva que el androstenotriol se puede formar en el cuerpo a partir de dihidroisoandrosterona esta hipótesis hay que considerarla con grandes reservas. Recientemente Marrian y Butler (1944) han mostrado que el mismo androstenotriol se encuentra en pequeñas cantidades en la orina normal de los hombres y de las mujeres. Es por lo tanto evidente que la ruta por la que este compuesto se forma en el cuerpo es parte del metabolismo normal.



Dehidroisoandrosterona Δ^5-*Androsteno-3* (α), 16, 17-*triol*

DEHIDROGENACIONES E HIDROGENACIONES DEL ESQUELETO CARBONICO DE LAS SUBSTANCIAS ESTROGENICAS

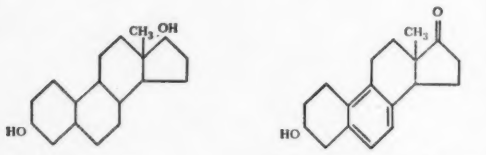
Se están acumulando pruebas de un carácter poco convincente, que indican que dehidrogenaciones e hidrogenaciones del sistema cíclico que forma el esqueleto de las substancias estrogénicas pueden tener lugar en el cuerpo, además de las oxidaciones y reducciones de las substituyentes que se han discutido previamente.

En la yegua, a medida que el embarazo avanza, hay un aumento de las cantidades de equilina y de equilenina relativas a la cantidad de estrona. Basándose en esto se ha propuesto que la equilina y la equilenina pueden ser formadas en la yegua por dehidrogenaciones parciales sucesivas de la estrona. Esta proposición no se puede confirmar directamente con facilidad por medio de experimentos.

La posibilidad de que el anillo aromático de la

[1] La dehidroisoandrosterona es un esteroide con actividad androgénica que se encuentra tanto en la orina de hombres como de mujeres. Como este esteroide se encuentra en la orina en cantidades anormalmente grandes en algunos casos de cancer o de distrofia de las glándulas suprarrenales, y como es producido cuando se han eliminado los testículos o los ovarios la opinión general es que se forma en las glándulas suprarrenales.

estrona se hidrogene por completo en el cuerpo ha sido propuesta por Marker *et al.* (1931) a consecuencia del aislamiento de dos estranedioles isoméricos de la orina de mujeres no embarazadas. Estos productos de reducción de las substancias estrogénicas no fueron encontrados en la orina de mujeres embarazadas, y por esto Marker *et al.* proponen que su formación puede estar relacionada con la utilización normal de la hormona en el ciclo menstrual.



estranediol $\Delta^{5,7,9}$*-estratriene-3-ol-17-ona*

Más datos indirectos que apoyan la opinión de que el anillo A de las moléculas estrogénicas se puede hidrogenizar por completo en el cuerpo se obtuvieron cuando Heard y Hoffman (1940) (1941) aislaron $\Delta^{5,7,9}$*-estratrieno-3-ol-17-ona* en la orina de yeguas embarazadas. Esta substancia es un isómero de enlaces en el que el anillo B está dehidrogenado en lugar del anillo A.

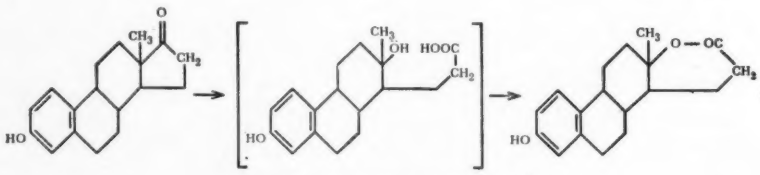
INACTIVACION DE LAS SUBSTANCIAS ESTROGENICAS EN EL CUERPO ANIMAL

Varios investigadores han demostrado independientemente que solamente una pequeña fracción de la actividad de substancias estrogénicas inyectadas se puede recuperar de los excrementos y del cadáver de los animales. Es claro por lo tanto que el cuerpo de los animales es capaz de inactivar las substancias estrogénicas administradas, y es lógico suponer que grandes cantidades de las mismas de origen endógeno son inactivadas de una manera parecida.

Se ha obtenido una gran cantidad de pruebas de que el hígado es tal vez el punto principal donde se destruyen las substancias estrogénicas. Así, por ejemplo, Zondek (1934) demostró que estas substancias son inactivadas *in vitro* en la presencia de hígado triturado y que otros órganos no las inactivan. Más recientemente Heller *et al.* (1939) han mostrado que son inactivadas por secciones de hígado de rata y que no son atacadas por secciones de pulmón, bazo o útero de estos animales. Israel *et al.* (1937) encontraron que cuando se perfunde una substancia estrogénica en una preparación de corazón y pulmón aquélla es inactivada cuando el hígado está en el circuíto, pero no en su ausencia.

Algunos investigadores creen que la inactivación de las substancias estrogénicas por el hígado es debida a una oxidación encimática, aunque el sistema de fermentos que produce esta acción no ha sido caracterizado todavía, ni se ha aislado en tejidos o excreciones animales ningún producto de oxidación inactivo de las substancias estrogénicas. En relación a este problema el trabajo de Westerfeld (1942) es de gran interés. Tratando durante varios días una disolución de estrona en medio alcalino con agua oxigenada él obtuvo como producto principal de la reacción la lactona de un ácido formado por ruptura del anillo D entre los átomos de carbono 13 y 17. Como la ruta de la oxidación en el cuerpo animal se puede imitar en el laboratorio con oxidaciones por medio de agua oxigenada, es posible que los productos de inactivación de las substancias estrogénicas sean de este tipo, aunque Heard y Hoffman (1941) no pudieron aislarlos de la orina de un hombre al que se le habían administrado grandes cantidades de material estrogénico.

Trabajos recientes de O. W. Smith (1944) sugieren que los productos de oxidación de las substancias estrogénicas del tipo de la lactona de Westerfeld, si en realidad se forman en el cuerpo, pueden ser de gran importancia fisiológica. Se sabe desde hace varios años que la administración de las substancias estrogénicas a los animales estimula la actividad y aumenta el tamaño del lóbulo anterior de la glándula pituitaria. Un efecto secundario de esto es que la actividad gonadotrófica se agota parcialmente y las glándulas suprarrenales aumentan de tamaño debido a un aumento en la producción del factor adrenotrófico de la glándula pituitaria. Smith ha desarrollado la teoría de que algunos de los efectos fisiológicos que se atribuyen a las substancias estrogénicas, y en particular los efectos en la glándula pituitaria anterior, pueden ser debidos a



Oxidación de estrona con agua oxigenada

productos de degradación de las substancias estrogénicas, más bien que a las substancias mismas. Esta teoría es el resultado de un gran número de observaciones de Smith y de sus colaboradores sobre la excreción de substancias estrogénicas en la mujer. El por lo tanto investigó la estimulación de la pituitaria por la lactona de Westerfeld y encontró que este compuesto, que sólo tiene una fracción de la acción estrogénica de la estrona cuando se ensaya de la manera ordinaria, en la que se observa la producción de oestro en animales ovariectomizados, es considerablemente más activo que la estrona en su acción en el lóbulo anterior de la pituitaria. Este descubrimiento que es de extraordinaria importancia sugiere la posibilidad de que la importancia fisiológica de la degradación de substancias estrogénicas sea mucho mayor de lo que se había supuesto hasta ahora.

Campbell y Hey (1944) han indicado recientemente que la cantidad de materiales estrogénicos de varias orinas (humana, de yegua y de caballo) es aproximadamente proporcional a su contenido de *p*-cresol. Proponen por lo tanto que la tirosina no es la única fuente del *p*-cresol en la orina como se supone ordinariamente y que parte de este puede ser derivado de degradación de las substancias estrogénicas y otros esteroides del cuerpo. Es de esperar que esta interesante sugestión sea seguida por un ataque experimental directo.

BIBLIOGRAFIA

BUTENANDT, A., y HOFSTETTER, H. *Z. physiol. Chem.*, 1939, **259**, 222.

CAMPBELL, N. R., y HEY, D. H. *Nature, Lond.*, 1944, **153**, 745.

COHEN, S. L., y MARRIAN, G. F. *Biochem. J.*, 1936, **30**, 57.

COHEN, S. L., ODELL, A. D., y MARRIAN, G. F. *Ibid.*, 1936, **30**, 2250.

COLLIP, J. B., BROWNE, J. S. L., y THOMSON, D. L. *Endocrin.*, 1931, **18**, 71.

DAVID, K. *Acta brev. Neerl.*, 1938, **8**, 211.

FISH, W. R., y DORFMAN, R. I. *J. Biol. Chem.*, 1942, **143**, 15.

HEARD, R. D. H., BAULD, W. S., y HOFFMAN, M. M. *J. Biol. Chem.*, 1941, **141**, 709.

HEARD, R. D. H., y HOFFMAN, M. M. *Ibid.*, 1940, **135**, 801.

Idem. Ibid., 1941, **138**, 651.

Idem. Ibid., 1941, **141**, 329.

HELLER, C. G., HELLER, E. J., y SEVRINGHAUS, E. L. *Am. J. Physiol.*, 1939, **126**, 530.

HIRSCHMANN, H. *J. Biol. Chem.*, 1943, **150**, 363.

ISRAEL, S. L., MERANZE, D. R., y JOHNSTON, C.G. *Am. J. Med. Sci.*, 1937, **194**, 835.

MARKER, R. E., ROHRMANN, E., LAWSON, E. J., y WITTLE, E. L. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1938, **60**, 1901.

MARRIAN, G. F., y BUTLER, G. C. *Biochem. J.*, 1944. **38**, 322.

MÜHLBOCK, O. *Z. physiol. Chem.*, 1937, **250**, 139; *Lancet*, 1939, **i**, 634.

PEARLMAN, W. H., y PINCUS, G. *J. Biol. Chem.*, 1942, **144**, 569.

RAKOFF, A. E., PASCHKIS, K. E., y CANTAROW, A. *Am. J. Obst. Gyn.*, 1943, **46**, 856.

RUZICKA, L., MÜLLER, P., y MÖRGELI, P. *Helv. chim. Acta*, 1938, **21**, 1934.

SCHACHTER, B., y MARRIAN, G. F. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1936, **35**, 222.

Idem. J. Biol. Chem. 1938, **126**, 663.

SMITH, O. W. *Endocrinology*, 1944, **35**, 146.

STROUD, S. W. *J. Endocrin.*, 1939, **1**, 201.

WESTERFELD, W. W. *J. Biol. Chem.*, 1942, **143**, 177.

ZONDEK, B. *Skand. Arch. Physiol.*, 1934, **70**, 133.

Revista de libros

UN CURSO EXPERIMENTAL DE OPTICA

Practical Optics, *por B. K. Johnson. Págs. viii + 189. The Hatton Press Limited, Londres.* 1945. *Precio neto*, 15*s*.

Cuando un autor posee una gran experiencia tanto en el terreno de la enseñanza como en la práctica de su propia materia es inevitable — dada una cierta fluencia — que produzca una obra competente. Y esas son las cualidades que B. K. Johnson ha puesto en función al escribir su *Practical Optics*.

Los experimentos contenidos en los capítulos iniciales para ilustrar el camino tomado por los rayos de una luz formadora de imágenes a través de componentes y sistemas ópticos deberán hallar inmediata acogida en los cursos de óptica elemental.

Los principios del telescopio se hallan explicados con suficiente detalle en el Capítulo III; pero es lástima que la explicación se halle perjudicada por la errónea representación de las apariencias de la « prueba estelar » de los objetivos con aberración, o sin aberración.

Al tratar del microscopio se calcula su resolución bajo el supuesto de objetos estelares incoherentes, en vez de una estructura periódica con iluminación de relación fásica. Esto nos conduce a la fórmula de Abbe, que es la que generalmente se da. La sección de microscopía ultravioleta refleja la innegable autoridad del autor; pero como contraste, todo el progreso de los últimos veinte o treinta años en las lentes fotográficas queda total e injustificadamente ignorado.

Aparecen dos errores tipográficos: la ortografía de *Amphipleura* (pág. 83), y la figura 127, donde se lee Coolne, en vez de Cooke. Serán sin duda corregidos en la segunda edición, que la obra merece y que deberá alcanzar.

H. H. HOPKINS

LA INTERPRETACION DE LAS ONDAS PERIODICAS

Wave-form Analysis, *por R. G. Manby. Págs. xi + 275. Chapman & Hall Limited, Londres.* 1945. *Precio neto* 21*s.*

Mr. Manby ha escrito este libro como resultado de su experiencia en el Departamento de Vibraciones de la Compañía de Construcción Aeronaval «de Havilland». La obra contiene varios capítulos en los que se discute matemáticamente el teorema de Fourier mismo, dándose además la expansión de otras muchas funciones de distinto tipo. La mayor parte del libro va dedicada al estudio de la técnica práctica del análisis de las formas de onda tal como se practica en un taller de ingeniería. Por ejemplo, fué necesario estimar lo más exactamente posible la amplitud y frecuencia de los principales armónicos de las ondas registradas en un indicador de tensiones. Cuando el autor se hizo cargo de esta clase de tareas halló que no existía casi ninguna publicación referente a la técnica de las mismas, teniendo que improvisar él mismo una técnica propia; y el resultado es el presente libro. Además de los capítulos estrictamente matemáticos, se encuentran discutidos en todo detalle los métodos prácticos de análisis, incluso los instrumentos mecánicos auxiliares. Aparecen también numerosas ilustraciones de registros de vibraciones tomados de la práctica; y un capítulo va dedicado a las figuras de Lissajou.

N. F. MOTT

EL ANALISIS DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS

Organic Reagents for Organic Analysis, *por el Personal del Laboratorio de Investigación de Hopkin & Williams Limited. Págs.* 172. *Hopkin & Williams Limited, Londres.* 1944. *Precio neto* 5*s.* 6d.

Aparece en este librito una lista de los reagentes más importantes para los compuestos siguientes: ácidos carboxílicos, alcoholes, aldehidos y cetonas, alcaloides, amidas, aminas primarias, secundarias y terciarias, derivativos barbitúricos, éteres, hálidos, hidrocarburos aromáticos, mercaptanes, nitriles, fenoles, sulfonamidas, y ácidos sulfónicos. Contiene también una selección de referencias a la literatura original. El propósito de los autores es «el uso de reagentes orgánicos en la preparación de derivativos de substancias orgánicas con el propósito de su identificación por medio de los puntos de fusión»; y de acuerdo con dicho propósito se dividen las diversas substancias en «reagentes seleccionados» y «otros reagentes», dándose sólo detalles experimentales y puntos de fusión de los primeros. Al revisar algunos de los puntos de fusión publicados, los autores han observado «un número sorprendente de casos en los que los libros de referenecia y las monografías aparecen contradictorios e inexactos». Al final del libro se publican varias tablas del punto de fusión de los derivativos de los «reagentes seleccionados».

Todo interesado en el análisis orgánico cualitativo hallará la presente obra de gran utilidad y se esforzará por poseer un volumen de la misma. Su utilidad aumentaría si se incluyese: 1°, mayor número de detalles experimentales que los que aparecen en el texto; 2°, métodos experimentales alternativos (donde los haya) para la aplicación de ciertos reagentes. El libro está bien impreso y contiene un buen índice.

A. I. VOGEL

LA ESTRUCTURA DE LOS COMPUESTOS INORGANICOS

Structural Inorganic Chemistry, *por A. F. Wells. Págs. viii + 590. Clarendon Press, Oxford.* 1945. *Precio neto:* 25*s.*

El desarrollo inicial de la Química inorgánica estructural se lo debemos a los primeros estudios de Bragg, quien se dedicó, hace unos veinticinco años, al análisis radiográfico de los cristales de rocas salinas y otras formaciones cúbicas. Tras varios años de un desarrollo lento, pero contínuo, dichos estudios se ramificaron en multitud de direcciones hasta el punto de alcanzar una diversidad extraordinaria. Este novísimo y exacto método ha servido para mostrar que la estructura de varias substancias, tales como los polvos de blanqueo, óxidos de plomo, el pentacloruro fosfórico y los silicatos, poseen una estructura enteramente distinta de la deducida en estudios anteriores. Han surgido nuevos problemas, y nuevas soluciones, especialmente en el campo de los metales.

Todo este trabajo va ampliamente reseñado en la obra que nos ocupa, cuyo autor, interesado en la actualidad en la Cristalografía, tiene la gran ventaja de haber sido anteriormente un químico, y la obra está escrita desde el punto de vista del químico. El lector le estará siempre agradecido por la claridad con que trata todos los aspectos del tema, aunque la longitud del libro presente un grave problema al pobre estudiante. Pero es que la materia es tan variada y con tantas ramificaciones, confundiéndose tan a menudo con la Química propiamente dicha, que cualquier ordenación ha de presentar dificultades al principiante.

E. J. BOWEN

METODOS COMUNES DE ANALISIS COLORIMETRICO

Colorimetric Analysis, *por Noel L. Allport. Págs. xii + 452, con* 37 *tablas. Chapman & Hall Limited, Londres.* 1945. *Precio neto* 35*s.*

La determinación de las substancias presentes en muy bajas concentraciones y el análisis de muestras muy pequeñas presentan problemas de una importancia creciente en la investigación química. La particular conveniencia de la Colorimetría para tales análisis, y especialmente para los análisis corrientes en los que no se precisa una gran exactitud, da gran importancia a la publicación de la presente obra de Mr. Allport, en la que se estudian detalladamente los métodos hoy en práctica.

Todas las disquisiciones teóricas están reducidas al mínimum, ya que el libro va dirigido en particular al que trabaja en un laboratorio. Sin embargo, dicha omisión va salvada mediante la introducción de una copiosa bibliografía. El texto está dividido en una serie de monografías dedicadas a los métodos utilizados para la determinación de substancias específicas o radicales. Tiene cada estudio una introducción general, seguida de un conjunto de detalles prácticos de todos los métodos que han probado ser efectivos, tras ensayos adecuados. Cada método lleva su crítica y un estudio de sus limitaciones. Se incluyen también las modificaciones necesarias para el análisis de determinados materiales.

El texto está bien preparado, habiéndose evitado toda repetición innecesaria. Su autor se muestra un verdadero maestro en la actitud crítica con que aborda el tema y las frecuentes referencias a sus propias observaciones, diferenciándose, al mismo tiempo, de otros que, con excesivo entusiasmo, pretenden dar a los métodos una exactitud mayor que la que pueden tener en la práctica diaria. Dicha cautela es tanto más necesaria en lo que a los métodos colorimétricos se refiere, ya que son muy susceptibles de ser alterados por la presencia de substancias extrañas.